

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

LIBEREC 2012

Bc. MÁRIA BENDO VÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

**DIGITALIZACE BAREVNÉHO VZHLEDU
HISTORICKÝCH TEXTÍLIÍ**

DIGITALIZATION A COLOR APPEARANCE OF
HISTORIC TEXTILES

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Mária Bendová**
Osobní číslo: **T10000055**
Studijní program: **N3106 Textilní inženýrství**
Studijní obor: **Textilní a oděvní technologie**
Název tématu: **Digitalizace barevného vzhledu historických textilií**
Zadávající katedra: **Katedra oděvnictví**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Zpracujte přehled dosavadních poznatků v oblasti kolorimetrie se zaměřením na digitální systémy záznamu obrazových dat.
2. Proveďte studii opakovatelnosti měření při digitálním záznamu na alespoň dvou maticových snímačích a jednom lineárním snímači.
3. Vyhodnoťte výsledky vlivu osvětlení na kolorimetrické parametry výsledného obrazového záznamu.
4. Připravte záznam alespoň dvou historických textilií a proveďte kolorimetrickou analýzu výskytu jednotlivých odstínů v systému CIELAB.
5. Vypracujte studii dalšího postupu.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

cca 50 stran

Forma zpracování diplomové práce:

tištěná

Seznam odborné literatury:

- Vik, M. : Základy měření barevnosti, I. díl, Skriptum TU Liberec 1995
- FRASER, Bruce, Chris MURPHY a Fred BUNTING. Správa barev: Průvodce profesionála v grafice a pre-pressu. Brno: Computer press, 2003

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Michal Vik, Ph.D.

Katedra textilní chemie

Konzultant diplomové práce:

Ing. Martina Víková, Ph.D.

Katedra textilní chemie

Ostatní konzultanti:

doc. ak. mal. Emilie Frydecká


Katedra designu

Datum zadání diplomové práce:

8. března 2012

Termín odevzdání diplomové práce:

14. ledna 2013


Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka




doc. Ing. Antonín Hlaváček
vedoucí katedry

V Liberci dne 1. listopadu 2012

PREHLÁSENIE

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Dátum

Podpis

PODAKOVANIE

Týmto by som chcela v prvom rade poďakovať vedúcemu diplomovej práce doc.Ing. Vikovi a konzultantke Ing.Vikovej za odbornú pomoc, trpezlivosť a ochotu pri tvorbe tejto práce. V neposlednej rade vďaka patrí mojej rodine a blízkym za podporu.

ABSTRAKT

Cieľom diplomovej práce je poukázať na digitalizáciu historických textílií ako na „kultúrne dedičstvo“. V prvej časti tejto práce sú popísané základné teoretické poznatky vzťahujúce sa ku skúmanej problematike v oblasti kolorimetrie so zameraním na digitálne systémy záznamu obrazových dát. Teória sa predovšetkým orientuje v oblasti farebných modelov, miešaniu farieb a vzniku farebného vnemu, kde sa podieľajú tri základné faktory. Ďalej je v práci popísaná správa farieb pre zariadenia a taktiež bezkontaktné meranie pri digitalizácii alebo pred samotným reštaurovaním diela a stručný prehľad o historických textíliách a ich reštaurovaní.

V experimentálnej časti sa diplomová práca zaoberá vplyvom osvetlenia na kolorimetrické parametre finálneho obrazového záznamu vzniknutom na snímači, pri opakovanom meraní. Detailné popísanie použitých zariadení a podmienok za akých bolo hodnotenie prevádzané. A následná kolorimetrická analýza výskytu jednotlivých odtieňov v systéme CIE LAB na historických textíliách. V úplnom závere diplomovej práce sa nachádza vyhodnotenie výsledkov.

KLUČOVÉ SLOVÁ - systém CIE LAB, digitalizácia, digitálne systémy obrazu

ABSTRACT

The objective of this thesis is to present the digitalisation of historic textiles as the cultural heritage. In the first part of this work is described the basic theoretical knowledge related to examined issues in the field of colorimetry with the focus on digital image data recording systems. The theory is primarily focused on area of color models, the color perception's origin which involves three basic factors and mixing colors. Additionally, my work includes the subject of Color management devices as well as non-contact measurement in digitalization or before the actual restoration work; and a brief overview of historic textiles and their restoration.

The experimental part of the thesis deals with the impact of lighting on colorimetric indicators of the final video record observed on the sensor, with repeated measurements. Detailed description of used equipments and the conditions under which the evaluation was conducted. Subsequent colorimetric analysis of different colors occurring in the CIE LAB system on historic textiles. The final part of my diploma work contains the evaluation of the results.

KEYWORDS - CIE LAB system, digitization, digital image system

ZOZNAM SKRATIEK

MWB.....	automatické vyváženie bielej
AWB.....	manuálne vyváženie bielej
HP.....	Hewlett Packard
CIE.....	Medzinárodná komisia pre osvetlenie
Incan.	zdroj svetla, ktorý zodpovedá žiarovkovému osvetleniu
CIELAB	kolorimetrická sústava CIE L*a*b*
RGB.....	trichromatický mechanizmus
AVG.....	aritmetický priemer
STDEV.....	smerodajná odchýlka
ΔE	celková farebná diferencia
PC.....	počítač
Mac OS X.....	počítač Apple Macintosh s operačným systémom X

OBSAH

1. ÚVOD.....	9
2. ZÁKLADNE POJMY	11
2.1 Svetlo.....	11
2.2 Farba	12
2.3 Miešanie farieb	14
2.4 Farebný vnem.....	15
3. FAREBNÝ PRIESTOR.....	17
3.1 CIE farebné modely	17
3.2 RGB model.....	20
3.3 CMYK	21
3.4 Gamut.....	22
3.5 HSB/HLS model	22
4. FAREBNÉ DIFERENCIE.....	24
4.1 Vizuálne hodnotenie	24
4.1.1 Metódy vizuálneho hodnotenia farebnosti.....	24
4.2 Objektívne hodnotenie	25
4.3 Systémy farieb.....	25
4.4 Výpočtové vzorce diferencie	27
4.4.1 CIELAB	28
4.4.2 CMC	29
5. SPRÁVA FARIEB	30
5.1 ICC profil	32
5.2 Profil monitoru	34
5.3 Profil vstupného zariadenia	37
5.4 Profil výstupného zariadenia.....	37
6. MONITOR	38
6.1 LCD	38
6.2 Dôležité časti LCD monitora	39
6.4 Technológie LCD.....	40
7. NEDEŠTRUKTÝVNE METODY- ANALÝZA ARTEFAKTOV	42
8. HISTORICKÉ TEXTÍLIE A ICH REŠTAUROVANIE	44
8.1 Typy nálezov.....	44
8.2 Výskum	45
8.3 Reštaurovanie	46

9.	EXPRIMENTÁLNA ČASŤ	47
9.1	Podstata skúšky	47
9.2	Použité zariadenia a materiály	47
9.2.1	Snímacie zariadenia	47
9.2.2	Snímané materiály	48
9.2.3	Zariadenia na snímanie kolorimetrických parametrov	51
9.2.4	Ostatne zariadenia	51
9.3	Vplyv osvetlenia na kolorimetrické parametre	52
9.3.1	Postup merania	52
9.3.2	Hodnotenie	55
9.3.3	Porovnanie	65
9.4	Analýza diel	68
9.4.1	Tapiséria 1	68
9.4.2	Tapiséria 2	69
9.4.3	Maľba	70
9.4.4	Porovnanie	71
9.5	Záver	72

1. ÚVOD

Digitalizácia historických artefaktov patrí vo vyspelých spoločnostiach k prirodzenému prejavu úcty predchádzajúcim generáciám a zanecháva odkaz pre ďalšie generácie. Identifikovaním sa s vlastnou kultúrou sa stáva každá spoločnosť jedinečnou, krásnou, bohatou v oblasti estetiky a motivujúcou v jej rozvíjaní. Samotný význam v oblasti nedeštruktívnych metód výskumu historických diel je v kultúrnom dedičstve krajín. Reagujúc na súčasné výzvy vyspelej Európy sa stále viac kladie dôraz najmä v oblasti výskumu diel pomocou nedeštruktívnych metód. Tento trend napomáha reštaurátorom lepšie sa technicky zorientovať o stave diela pred reštaurovaním a nespôsobuje analýzou žiadne úbytky vrstiev historického diela. A taktiež s dokonalejším digitálnym vybavením a následnou archiváciou týchto jedinečných informácií o výskumoch na historických dielach, môže zároveň slúžiť aj pre širšiu odbornú verejnosť [31].

Pre digitalizáciu a skúmanie diel bezkontaktnou metódou existuje mnoho špeciálnych technológií najmä vo svete ako napríklad využitie IR spektroskopie, UV fluorescencie, RTG žiarenia alebo najnovšie multispektrálna analýza ale v tejto práci bolo zámerom testovať a odhaliť odlišnosti kolorimetrických parametrov vplyvom odlišného osvetlenia s výsledného obrazového záznamu niekoľkých pozorovaných senzorov. Využite viacero odlišných spôsobov zosnímania farebného štandardu. Jedná sa o digitálne fotoaparáty, lineárny snímač a mobilný telefón.

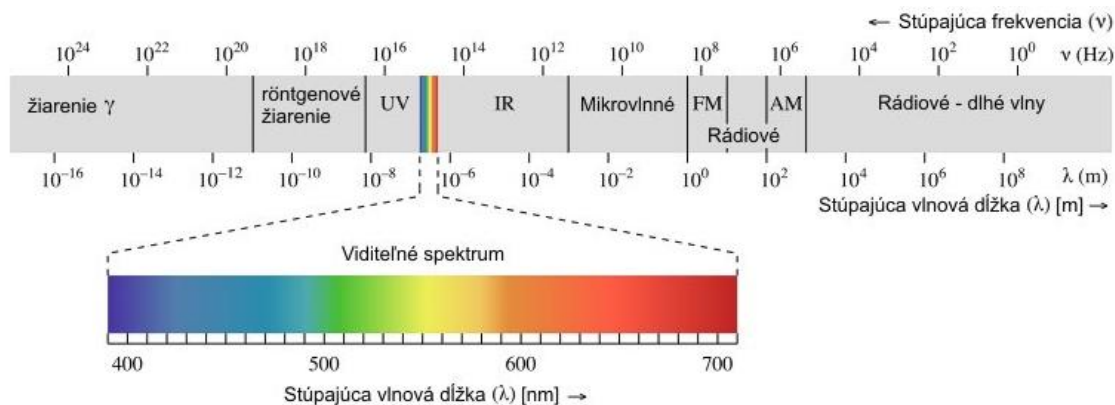
Pre štúdiu opakovateľnosti meraní bola vytvorená digitálna sada snímok s ktorých sa vyhodnocoval rozptyl s priemerných nameraných hodnôt kolorimetrických parametrov získaných meraním. Výsledkom tohto experimentu by malo byť aj porovnanie jednotlivých snímačov s hľadiska farebnej reprodukcie.

Posledným zámerom tejto práce bola implementácia spôsobu merania farebných hodnôt v troch diela. Získanie farebných súradníc bezkontaktným meraním, čím vznikla analýza farebných oblastí diel.

2. ZÁKLADNE POJMY

2.1 Svetlo

Svetlo je základnou podmienkou ľudského videnia a je súčasťou veľkého počtu žiarení, ktoré dohromady vytvárajú elektromagnetické spektrum[1]. Pod svetlom myslíme elektromagnetické vlnenie, ktoré leží v oblasti viditeľného svetla, tzn. že je možné ho zachytiť ľudským okom. Sú to veľmi krátke vlnové dĺžky v rozmedzí zhruba od 380 nm do 730 nm [3]. Za prirodzený zdroj svetla sa považuje Slnko, ktoré produkuje relatívne široké spektrum žiarenia. Časť spektra je však pohltená vplyvom atmosféry a k nám tak mimo iného preniká kombinácia infračerveného, viditeľného a ultrafialového svetla [4].

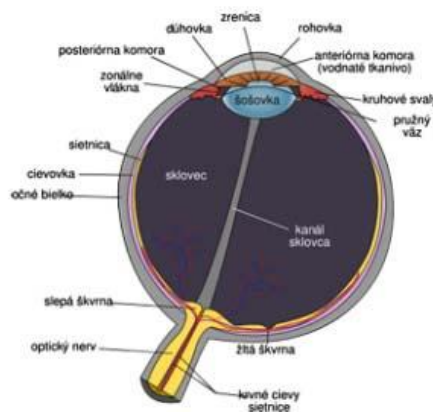


Obrázok 1 Farebné spektrum[23]

Prirodzené svetlo má bielu farbu, skladá sa z jednoduchších lúčov rôznych vlnových dĺžok a nazýva sa aj achromatické. Zrkové ústroje sú prispôbené na vnímanie rôznych úrovní intenzity. Známym dúhovým experimentom Issaca Newtona je možné achromatické svetlo rozložiť na jeho spektrum, čím vznikne pozvoľne prechádzajúca dúha, ktorá je zobrazená na Obrázku 1. Na koncoch viditeľného spektra sa nachádzajú žiarenia ultrafialové a infračervené, ktoré ľudské oko už nezachytí. Existujú ale organizmy v prírode, ktoré majú zrkové ústroje prispôbené na takéto vlnové dĺžky[4].

2.2 Farba

Farba je vnem, ktorý vytvára viditeľné svetlo dopadajúce na sietnicu ľudského oka (Obrázok 2). Rozlišovanie všetkých farieb je u ľudí založené na schopnosti rozoznať tri základné farby, vychádzajúce z „trojkanálikovej“ skladby sietnice. Tri typy farebných senzorov, ktoré rozlišujú približne červené, zelené a modré odtiene, zabezpečujú reprodukciu všetkých farieb za pomoci troch rôznych pigmentov na papieri či monitore. Existujú dva typy receptorov, nazvané podľa tvaru a to tyčinky a čapíky. Tyčinky sú receptory na príjem čiernobielych tónov. Čapíky majú na starosti farebné videnie. Delia sa na červené – dlhé vlnové dĺžky (long wavelength), zelené – stredné vlnové dĺžky (medium wavelength) a modré – krátke vlnové dĺžky (short wavelength). Pri svetelnom stimule jednotlivé čapíky nielenže reagujú podávaním signálu, ale ešte aj potláčajú citlivosť ostatných čapíkov [4].



Obrázok 2 Ľudské oko [4]

Modeli ľudského videnia. V priebehu študovania ľudského oka prišli vedci na niekoľko teórií vysvetlenia farebného videnia. V dnešnej dobe sú dve teórie považované za správne, a to trichromatická teória a teória opozičných procesov. Popísané modely sú len hrubým znázornením skutočnosti.

- **Trichromatická teória** je teória troch receptorov citlivých na červenú, modrú a zelenú zložku svetla. Z týchto troch farieb je možné vytvoriť akúkoľvek inú farbu. Opiera sa o množstvo teoretických faktov a experimentov, avšak niektoré javy nevie vysvetliť. Napríklad ľudia s poruchou farebného videnia, ktorým chýba jeden

s farebných receptorov, môžu vidieť bielu a žltú farbu, čo nie je možné podľa Younga a Helmholtza[4].

- **Teória opozičných procesov** je teória založená na princípe tzv. opačných farieb, ktoré podľa Ewalda Heringa boli modro-žltá, červeno-zelená a čierno-biela. Pomer čiernej a bielej určoval intenzitu farby a ďalšie dva signáli určovali ako je farba modrá alebo žltá, respektíve zelená alebo červená. Nedostatkom tejto teórie je prítomnosť žltej farby medzi základnými, pretože tá je vnímateľná červenými a zelenými čapíkmi [4]

Vplyvom farieb na človeka sa zaoberal už Hipokrates, keď priradľoval farby k ľudskej povahe. V 20.storočí psychológia farieb dosiahla obrovský rozmach. Poznáme dnes niekoľko metodík. Každý jedinec má škálu obľúbených a neobľúbených farieb, preto je priradenie farieb vždy subjektívne. Tieto preferencie sa z vekom menia, dôležitý je aj generačný odkaz, či prostredie v ktorom človek žije. Výskumy potvrdili dôležitý fakt, že človek nevníma farebnú informáciu len zrakovým vnemom. Podieľa sa na nej aj mozog a nositeľ tejto farby (predmet). Farby tak môžu pomôcť k nahliadnutiu do ľudskej mysle, čo sa v praxi aj využíva.

Pôvodné teórie. Globalizovanie poznatkov môže viesť k mylným názorom o existencii ideálnej a univerzálnej kombinácii farieb. Táka však neexistuje. Napriek tomu sa však dá povedať, že existuje niekoľko myšlienok a faktov generalizujúcich vlastnosti farieb. Za nimi stoja mnohé pokusy sledovania a zaužívané pravidlá, ktoré si človek rokmi osvojil.

- Goetheov trojuholník. Nemecký spisovateľ J.W.Goethe sa okrem iného zaoberal aj psychológiou farieb. Bol kritikom Newtona, ktorý staval do popredia fyzikálne zákony a nezaoberal sa subjektívnym vnímaním. Práve Goethe rozdelil farby na teplé a studené, aktívne a pasívne, svetlé a tmavé. Goethe podkladal všetky svoje teórie faktami z dlhoročného skúmania prírody a diania vo svojom okolí. Sformuloval tak trojuholník Obrázok 3, ktorý rozdelil do šiestich podskupín, ktoré obsahovali buď dve primárne a jednu sekundárnu, alebo dve sekundárne a jednu primárnu farbu. Týmto skupinám prisúdil vlastnosti .



Obrázok 3 Goetheho trojuholník [4]

- Johannes Itten, švajčiarsky expresionista J. Itten stál za zrodom nemeckej školy Bauhausu, ktorá sa venovala architektúre a umeniu. Itten viedol kurzy o farbách a vypracoval niekoľko teórií, ktoré sa na škole dodržiavali. Vytváral matematické vzťahy medzi farbami, prirad'oval farbám tvary na základe ich pocitových hodnôt a vytvoril sedem typov kontrastu. V jednej zo svojich kníh predstavil aj farebný kruh (Obrázok 4), ktorý sa stal základom umeleckého modelu miešania farieb[4].



Obrázok 4 Ittenov farebný kruh [4]

2.3 Miešanie farieb

Existujú dva typy miešania:

- Aditívne miešanie (RGB)
- Subtraktívne miešanie (CMYK)

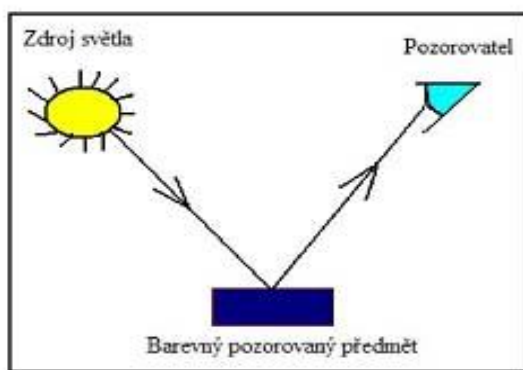
Aditívne miešanie je miešanie vlnových dĺžok svetla z červenej, zelenej, a modrej časti spektra, čím im pridáva svietivosť, až nakoniec vytvorí vnem bielej. Princípom je, že oko sčíta dohromady všetky vlnové dĺžky svetla, ktoré prijme, a to je svetelný pôžitok, ktorý interpretuje myseľ ako farbu. Subtraktívne miešanie je to spôsob

miešania farieb, kedy sa každou ďalšou pridanou farbou uberá časť pôvodného svetla [3].

2.4 Farebný vnem

Na vzniku farebného vjemu sa podieľajú tri základné faktory. Na Obrázku 5 je znázornenie schémy vzniku farebného vjemu tak, ako sa na ňom podieľajú faktory [1]:

- Zdroj svetla
- Pozorovaný predmet
- Pozorovateľ



Obrázok 5 Schéma vzniku farebného vjemu [7]

Štandardný zdroj svetla

Zdroj použitý pri meraní musí dobre reprezentovať svojim spektrálnym zložením. K charakterizácii zdroja svetla sa využíva Planckov zákon pre žiarenie absolútne čierneho telesa s vyjadrením teploty chromatičnosti.

Teplota chromatičnosti T_c zodpovedá teplote absolútne čierneho telesa, pri ktorom má tepelný zdroj rovnaký spektrálny priebeh ako Planckovský žiariteľ.

Ekvivalentná teplota chromatičnosti T_{ce} je používaná pri zdrojoch, ktorých spektrálny priebeh sa príliš neodlišuje od Planckovho žiaríča a je plynulý.

Aby sa zamedzilo používaniu množstva rôznych zdrojov, definovala CIE nasledovné štyri štandardné zdroje svetla:

- Normalizovaný zdroj A zodpovedá umelému „žiarovkovému“ osvetleniu a teplota chromatičnosti $T_c = 2856 \text{ K}$.

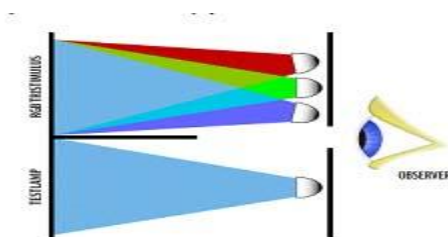
- Normalizovaný zdroj B zodpovedá strednému dennému svetlu s prevažujúcou zložkou priameho slnečného svetla. Ekvivalentná teplota chromatičnosti $T_{ce} = 4874$ K.
- Normalizovaný zdroj C zodpovedá priemernému dennému svetlu (bez priameho slnečného svetla). Ekvivalentná teplota chromatičnosti $T_{ce} = 6774$ K.
- Normalizovaný zdroj D zodpovedá priemernému dennému svetlu. Prednostne sa používa svetlo D65 s ekvivalentnou teplotou chromatičnosti $T_{ce} = 6504$ K [1].

Pozorovaný predmet

Farba objektu závisí na fyzikálnych vlastnostiach pozorovaného predmetu a na vnímaní pozorovateľa. Z fyzikálneho hľadiska môžeme povedať, že má farbu svetla, ktoré odráža [7]. Určitá časť svetla je odrazená od rozhrania prostredia, ktoré je tvorené vzduchom a povrchom predmetu. Tento jav je vyvolaný rozdielom v optickej hustote oboch prostredí [1].

Štandardný pozorovateľ

Štandardný pozorovateľ je definovaný pomocou matematických funkcií trichromatických členov $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$. Trichromatické členy boli experimentálne zistené skladaním troch monochromatických svetiel (červené, zelené a modré) tak, aby boli vytvorené svetlá zodpovedajúce svojou farbou monochromatickým svetlám ostatných vlnových dĺžok. CIE má dve špecifikácie štandardných pozorovateľov. Pôvodný z roku 1931 a revidovaný z roku 1964. Pozorovateľ porovnáva dve osvetlené plochy. Na tieto plochy dopadá z jednej strany svetlo analyzovanej farby a z druhej strany svetlo troch základných farieb R, G, B, ako je zobrazené na Obrázku 6. Významný rozdiel medzi štandardom pozorovateľa z roku 1931 a z roku 1964 je v zornom poli. Pozorovateľ z roku 1931 mal zorný uhol 2° . To bolo neskôršie vyhlásené za neadekvátne, pretože nebolo zahrnuté periférne videnie a rozšírené na zorné pole 10° .



Obrázok 6 Schéma štandardného pozorovateľa [3]

3. FAREBNÝ PRIESTOR

Zavádza sa tak pojem farebný priestor, ktorý má svoj matematický model popisujúci farby. Farebný priestor si tak možno predstaviť ako klasický vektorový priestor, ktorého osi sú vlastnosti farby. Charakterizuje ho na gamut, ktorý predstavuje množinu všetkých farieb, ktoré sa v ňom nachádzajú. Existuje niekoľko farebných priestorov[4]. Jedny z prvých, mali vnieť presnosť a poriadok v označovaní farieb. Neskôršie pribúdalo viacero systémov, takže nakoniec ich bolo toľko, že sa stali prekážkou v normalizácii farieb. Preto bol vypracovaný normovaný systém, o ktorý sa pričínala Medzinárodná komisia pre osvetlenie CIE (z francúzštiny Commission Internationale de L'Eclairage). Ten umožnil, že skoro všetky systémy sa dali previesť na spoločného menovateľa a zjednotiť sa [3]. Farebný priestor sa dá definovať dvoma spôsobmi, a to závislí alebo nezávislí na zariadení. Medzi farebné priestory nezávislé na zariadení patrí CIE XYZ a CIELAB. Medzi farebné priestory závislé na zariadení zaraďujeme modely RGB, CMYK a HSB/HLS [7].

3.1 CIE farebné modely

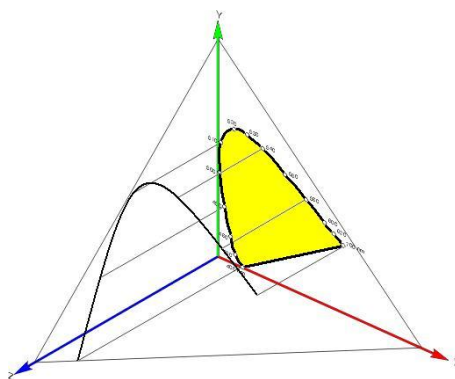
Komisia bola založená v roku 1931 ako autonómny medzinárodný výbor, ktorý poskytuje miesto pre výmenu názorov a informácií a tvorí štandardy pre záležitosti späté so svetlom. CIE farebný model bol navrhnutý tak, aby bol celkovo nezávislý na rôznych zariadeniach, na ktorých bude zobrazovaný. Kľúčové elementy CIE modelu boli definície štandardných zdrojov a špecifikácie vzhľadom k štandardnému pozorovateľovi. Bolo špecifikovaných 5 doporučení [3]:

- Štandardný zdroj svetla A, B, C
- CIE štandardný pozorovateľ
- Podmienky osvetľovania a pozorovania
- Sústava trichromatických zložiek X, Y, Z a farebný priestor X, Y, Z
- Etalony činiteľa odrazu

CIE XYZ

CIE definovala tento priestor na základe predchádzajúcich pokusov s farebným priestorom známym pod názvom CIE RGB. Hodnoty sú lineárnymi transformáciami

hodnôt R, G a B [4]. Reformované trojstimulačné hodnoty boli označené ako XYZ. Tieto hodnoty zodpovedajú červenej, zelenej a modrej iba približne. Tie predstavujú zastúpenie farebných receptorov v ľudskom oku. Súradnice X a Z boli zvolené tak, že majú nulový jas a súradnica Y poskytuje údaj o jase. Grafické znázornenie CIE XYZ na Obrázku 7 [1].



Obrázok 7 CIE XYZ [8]

Pre jednotkový trojuholník platí v priestore XYZ vzťah:

$$x + y + z = 1 \quad (1)$$

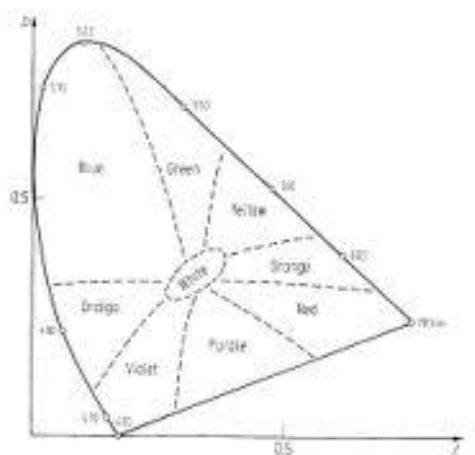
kde x, y, z sú trichromatické súradnice, pre ktoré platia nasledujúce vzťahy :

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}, \quad (2)$$

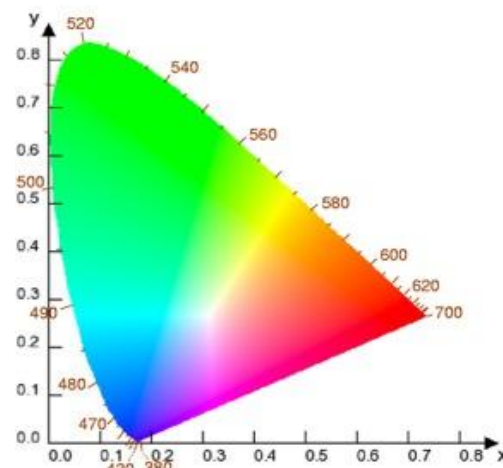
$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}, \quad (3)$$

$$z = \frac{Z}{X + Y + Z}. \quad (4)$$

Keďže systém súradníc X, Y, Z je pravouhlý, môžeme jednotkovú rovinu, ktorá vytvára v priestore XYZ rovnostranný trojuholník, premietnuť do roviny XY. Tým vznikne dvojrozmerný diagram s osami x, y, (Obrázok 8-9). Tomuto diagramu hovoríme CIE x, y – diagram [1].



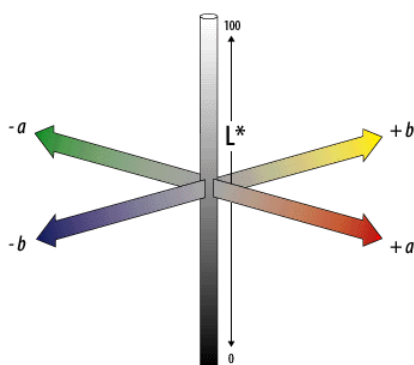
Obrázok 8 CIE x,y diagram[24]



Obrázok 9 Graf farebného priestoru[25]

CIE LAB

Tento priestor je založený na teórii opačných farieb v roku 1976. L predstavuje svetlosť, ktorá má rozsah od 0 (čierna)-100 (biela) a premenné A, B pomer opozitných farieb čo je znázornené na Obrázku 10. Na rozdiel od CIE XYZ je tento systém závislý od stanovenia bieleho bodu.



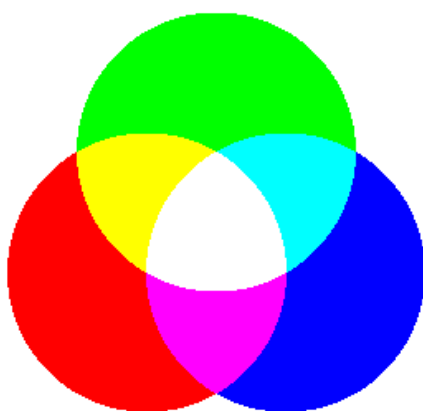
Obrázok 10 CIELAB priestor[26]

CIE LUV

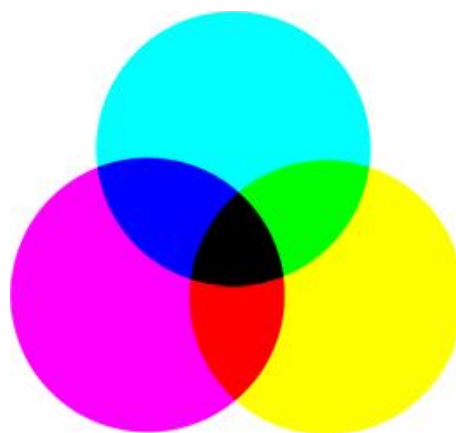
Diagram xyY bol neadekvátny vzhľadom k tomu, že dvojrozmerný diagram podával plošnú vizuálnu reprezentáciu toho, čo bolo v skutočnosti v trojrozmernom farebnom priestore. K náprave bolo použité merítko chromaticity USC, ktoré využíva matematické vzorce k transformácii hodnôt x, y do nového súboru hodnôt u, v, ktoré reprezentujú dvojrozmerný model. Nahradenie Y stupnice svetlosti novou, nazvanou L [3].

3.2 RGB model

Tento model reprezentuje aditívny spôsob miešania. Funguje na princípe primárnych farieb, a to červenej (Red), zelenej (Green), modrej (Blue). Sekundárne farby RGB sú tvorené miešaním dvoch primárnych farieb s vylúčením tretej. Zmiešaním červenej a zelenej farby vzniká žltá (yellow), zelená s modrou vytvorí azúrovú (cyan) a modrá s červenou namieša purpurovú (magenta) ako je zobrazené na Obrázku 11. Zmiešaním červenej, zelenej a modrej v plnej intenzite vznikne biela. Tento model je založený na pridávaní vlnových dĺžok, práve preto sa nazýva aditívny. Na tomto farebnom modeli je založený aj princíp práce monitorov pre tvorbu webovej grafiky, ale môže byť využitý aj pri tlači. Model RGB je reprezentovaný jednotkovou kockou umiestnenou v počiatku (Obrázok 12), ktorý má hodnoty $R=0$ $G=0$ $B=0$ teda reprezentuje čiernu farbu. Protiľahý vrchol $R=255$ $G=255$ $B=255$ predstavuje bielu farbu, a ich spojnice je prechod od čiernej k bielej, teda stupnica šedej. Červená zložka je definovaná v súradnicovom systéme ako $(255,0,0)$, zelená $(0,255,0)$ a modrá ako $(0,0,255)$ [2].



Obrázok 11 RGB[27]



Obrázok 12 CMYK[27]

sRGB

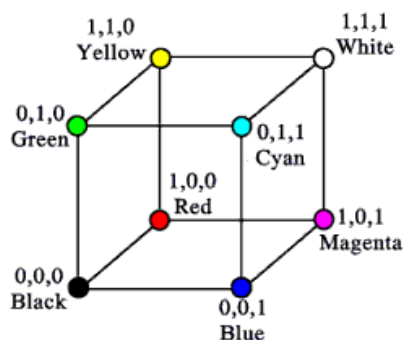
Štandard určený pre monitory a internet, navrhnutý tak aby simuloval klasické videnie farieb v otvorenom priestore. Farebný priestor vytvorený v spolupráci Hewlett Packard a Microsoft. Gamut je vymedzený trojuholníkom vo vnútri „podkovy“ priestoru CIELAB, farby mimo gamutu sú viditeľné no nezobraziteľné na väčšine monitorov.

Adobe RGB

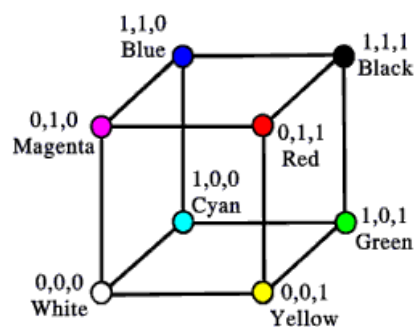
Farebný priestor so širším gamutom oproti sRGB predovšetkým v oblasti zeleného kanálu, pre profesionálne použitie. Vyvinutý na dosiahnutie všetkých farieb modelu CMYK pomocou reprezentácii RGB na monitore [4].

3.3 CMYK

Azúrová (Cyan), purpurová (Magenta) a žltá (Yellow) zodpovedajú približne primárnym farbám. Model CMY je východiskový pri tlači, práve preto sa pridáva ešte čierna zložka (black), aby sa nemuseli miešať všetky tri farby. Tento model je tvorený prekrývajúcimi sa vrstvami s rôznym percentuálnym zastúpením C, M, Y pigmentových farieb. Obrázok 14 zobrazuje model CMYK ktorý je protiklad RGB na Obrázku 13. Model vychádza so subtrakcie, čiže s odoberania vlnových dĺžok. Platí: $C=(255-R)$, $M=(255-G)$, $Y=(255-B)$. CMYK pri tlači tvorí usporiadane pravidelný bodkový vzor, ktorý nie je viditeľný prostým okom. Model možno opísať jednotkovou kockou umiestnenou v súradnicovej sústave s vrcholom, ktorý reprezentuje bielu farbu [2]. Uhlopriečka je stupnica šedej a protiľahlý vrchol je čierny. Vrcholy ležiace na osiach reprezentujú základné farby CMYK.



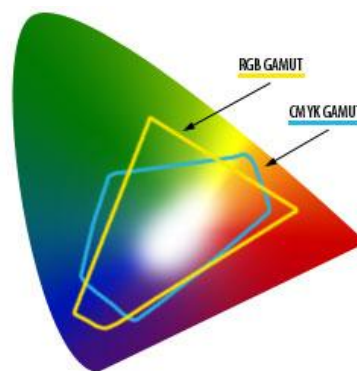
Obrázok 13 model RGB[27]



Obrázok 14 model CMYK[27]

3.4 Gamut

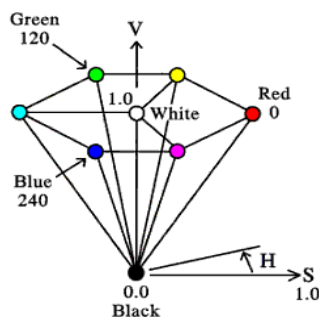
Obmedzená oblasť znázornenia farieb je jedným z problémov v modeloch RGB a CMYK. Gamut je pevný rozsah farieb a tónov, ktoré môže zariadenie reprodukovat'. Zastúpenie celého rozsahu farieb, ktoré človek môže priamo vidieť je vyššie ako rozsah farieb, ktorý môžeme reprodukovat' modelmi RGB a CMYK. CIE diagram chromaticity (1931) Obrázok 15, reprezentuje celý rozsah farieb vnímaním ľudským okom a problém prekryvajúcich sa gamutov RGB a CMYK. Tieto rozdiely gamutov môžu spôsobiť problémy vo farebnej reprodukcii počítačovo vytvorenej grafiky [2].



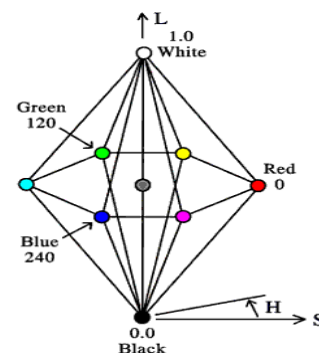
Obrázok 15 Gamut[3]

3.5 HSB/HLS model

Tieto dva farebne modely sú odvodené s RGB modelu a sú základnými modelmi pre definíciu farby v grafických programoch. HSB a HLS modely sa podobajú Munsellovmu systému, založenom na hodnotách tón (hue), jas (value) a sýtosť (chroma) tým, že využívajú tri obdobné osi pre definíciu farby.



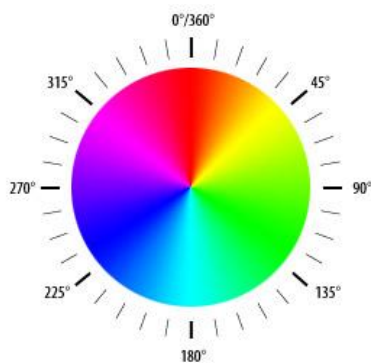
Obrázok 16 Model HSB[27]



Obrázok 17 Model HLS[27]

HSB vznikol z dôvodu, že odtieň (Hue), sýtosť (Saturation) a jas (Brightness) sú prirodzenejšie parametre ľudského vnímania farieb ako kombinácia RGB parametrov [4]. Geometrickým modelom je šesťboký ihlan (Obrázok 16), ktorého stred podstavy definuje bielu farbu a vrchol čiernu farbu [2]. Pojem **jas** poukazuje na jasnosť farby. **Tón** definuje farbu v rozmedzí 0-360°, pričom začína a končí červenou farbou v kruhovom vzore na Obrázku 18. **Sýtosť** vyjadruje stupeň, ktorým sa tón odlišuje od neutrálnej šedej. Hodnota začína v 0%, čo je neutrálna šedá a končí 100%, čo je najplnšie nasýtenie daného tónu (Obrázok 19) [3].

HLS model je definovaný ako odtieň (Hue), sýtosť (Saturation) a svetelnosť (Luminance). Geometrický model predstavuje tvar dvoch kužeľov zo spoločnou podstavou, ktorý je znázornený na Obrázku 17. **Svetlosť** vyjadruje stupeň osvetlenia, čo pojednáva o vlastnosti materiálu. Hodnota je vyjadrená percentuálne, pričom 0% je čierna (žiadne svetlo) a 100% je biela (plné osvetlenie) ako na Obrázku 20. [3].



Obrázok 18 Kruhový vzor definujúci tón[3]



Obrázok 19 Sýtosť [3]



Obrázok 20 Svetlosť [3]

4. FAREBNÉ DIFERENCIE

4.1 Vizuálne hodnotenie

Najjednoduchšia a najpraktickejšia špecifikácia farby je daná farebnými štandardami. Štandardy je možné prenášať z miesta na miesto a pri priložení štandardu k neznámej vzorke, môžeme určiť ako sa zhoduje neznáma vzorka so štandardom. Štandardom môže byť:

- Atlas farieb
- Predloha
- Štandardná rada

Atlas farieb je systematický súbor úzko odstupňovaných vzorov farieb. **Predloha** pozostáva väčšinou s jednej vzorky textilného materiálu zafarbeného na zákazníkovo požadovanom odtieni. **Štandardná rada** je väčšinou koncentračný sled vyfarbenia typového farbiva, ktorý sa zväčša využíva k hodnoteniu sily odtieňu a čistoty vzorky.

4.1.1 Metódy vizuálneho hodnotenia farebnosti

Vizuálne hodnotenie je psychofyzikálny proces, ktorý je ovplyvnený radom faktorov, ktoré musíme dodržať, aby sme zaistili porovnateľnosť obdržaných výsledkov. Základné podmienky vizuálneho pozorovania:

- Osoba ktorá hodnotí farebnosť, musí mať bezdefektné farebné videnie.
- Hodnotiteľ musí byť v dobrom zdravotnom stave a duševnej pohode.
- Hodnotiteľ musí byť aspoň minimálne preškolený.
- Pri pozorovaní je nutné zaistiť správne osvetlenie.
- Je nutné zaistiť dostatočnú veľkosť, stabilitu vzorkou a dostatok času k posúdeniu.
- Pozorovanie je nutné prevádzať pri achromatickom definovanom pozadí, ktoré vylúči vplyv na vizuálny vnem pozorovateľa.
- Uhol pozorovania by mal byť konštantný.

Takéto podmienky väčšinou spĺňa pozorovanie v koloristických skriniach [1].

4.2 Objektívne hodnotenie

Objektívne meranie sa prevádza na spektrofotometroch. Princípom je meranie spektier optického žiarenia a zaznamenanie pomeru intenzity žiarenia absorbovaného meraným vzorkom a intenzity referenčného žiarenia v závislosti na vlnovej dĺžke žiarenia dopadajúceho na vzorku. Toto žiarenie je rozložené na jednotlivé vlnové dĺžky vo viditeľnej oblasti spektra. Intenzita žiarenia na jednotlivých vlnových dĺžkach je zaznamenaná polovodičovým detektorom. Údaje z detektoru sú nasledovne softwarovo spracované tak, aby bolo možné každú farbu popísať pomocou troch súradníc, ako bod v trojrozmernom farebnom priestore [1].

4.3 Systémy farieb

Usporiadanie farieb do súboru býva rôzne, v praxi sa uplatnili tieto systémy:

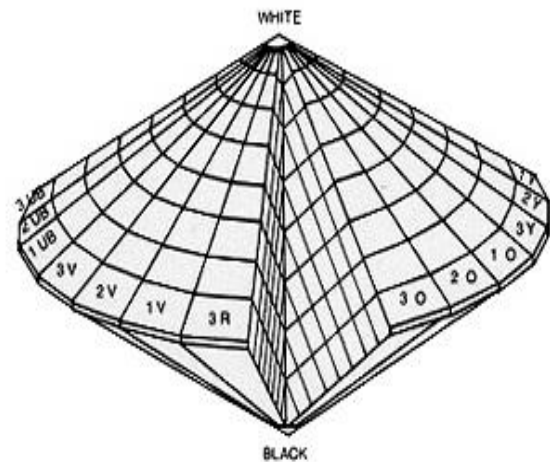
- Trojuholník farbív
- Oswaldov systém
- Munsellov systém
- Systém DIN 6164

Farebný trojuholník je jednoduchý systém vzniknutý kombináciami troch základných farieb v rôznych pomeroch. Na vrcholoch trojuholníka sú umiestené tri základne farby žltá, červená, modrá. Pričom žltá je umiestnená na vrchole, červená v ľavom a modrá v pravom rohu trojuholníka (Obrázok 21). Prvé číslo udáva počet hmotnostných dielov žltej, druhé číslo počet hmotnostných dielov červenej a tretie číslo počet hmotnostných dielov modrej. Ak je uvedené výsledné vyfarbenie s hodnotami 0,10,0, znamená to, že odtieň neobsahuje žlté ani modré farbivo a obsahuje iba 10 dielov červenej [1].

Oswaldov systém je tvorený z 12 kosoštvorcových máp s 56 farebnými a 8 čiernobielymi plochami, ktoré v priestore vytvárajú dvojkužel stojaci na vrchole čiernej a protiľahlej bielej. Farby sú označované číslicami základných tónov v rozmedzí od 0 - 28 a dvoma písmenami charakterizujúcimi obsah základnej farby a obsah čiernej alebo bielej. Celkové množstvo farieb v Oswaldovom systéme je 680. Výhodou tohto systému je, že vytvára symetrické teleso (Obrázku 22) [1].

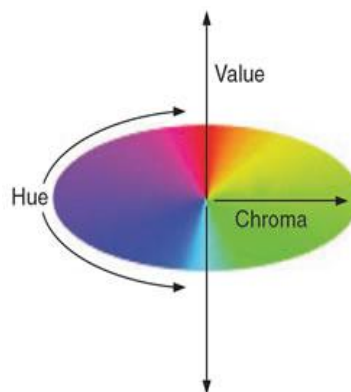


Obrázok 21 Farebný trojuholník

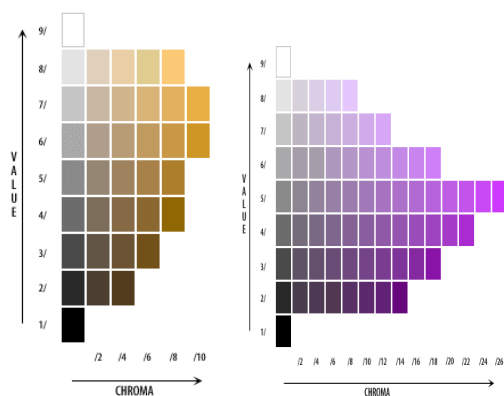


Obrázok 22 Oswaldov systém[28]

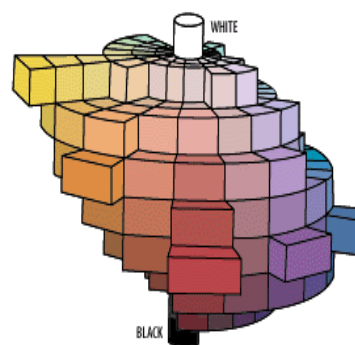
Munsellov systém bol navrhnutý americkým umelcom A.H. Munsellom v roku 1905 [3]. Systém obsahuje 960 farieb rozdelených do 40 farebných máp, pričom každá mapa reprezentuje jeden odtieň. Na Obrázku 23 Munsell definoval hodnoty tón (hue), jas(value), sýtosť(chroma). Munsell zvolil pre hodnotu tónu päť základných farieb: červenú (Red), žltú (Yellow), zelenú (Green), modrú (Blue), purpurovú (Purple) a päť prechodových farieb, ktoré zostavil do kruhu. Jas a sýtosť sú vyjadrované pomocou desaťčlennej stupnice [1]. V Munsellovom systéme dosahujú červené, modré a purpurové farby širšie hodnoty sýtosti a preto je ich os dlhšia, zatiaľ čo žlté a zelené dosahujú slabšiu sýtosť ako je v Obrázku 24. Výsledkom týchto rozdielov je Munsellova vícia nesymetrického telesa. Trojrozmerná reprezentácia Munselloveho systému by vyzerala nasledovne (Obrázok 25) [3].



Obrázok 23 Hodnoty Munsellovho systému[3]

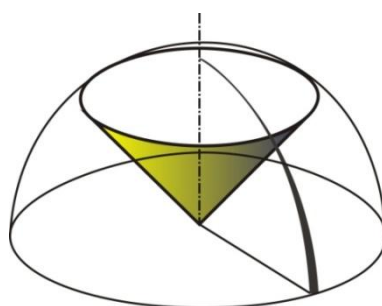


Obrázok 24 Munsellové farebné mapy[3]



Obrázok 25 Munsellov systém 3D[3]

Systém DIN 6164 delí farebný tón na 24 časti. Každému farebnému odtieňu patrí plocha vymedzená osou relatívneho jas (Dunkelstufe) a medzná línia sýtosti (Sättigung), znázornenie na Obrázku 27 [1] .



Obrázok 26 Systém DIN 6164

4.4 Výpočtové vzorce diferencie

Farebné odchýlky sú vizuálne vnímané farebné rozdiely znázornené v CIE systéme rôznymi vzdialenosťami. Nevýhoda CIE systému spočíva v tom že, vizuálne rovnako vnímané rozdiely sú v tomto systéme znázornené rôzne. Ak by bol k dispozícii ideálny farebný priestor, tak by tieto vzdialenosti boli vyfarbené rovnako [1]. Ideálny farebný priestor predstavuje trojrozmernú množinu bodov, v ktorom každý bod reprezentuje určitú farbu. Body sú usporiadané tak, aby dĺžka úseku medzi nimi zodpovedala vizuálne vnímanej diferencii medzi farbami. Objektívne stanovenie celkovej farebnej diferencie, alebo jeho zložiek umožňuje riešiť na spoločnom základe radu praktických problémov, ako napríklad zhodu predlohy a vyfarbenia – posudky PASS/FAIL, kontrolu stálosti vyfarbenia a equality vyfarbenia [1].

4.4.1 CIELAB

V priestore CIELAB sa najčastejšie používajú dve možnosti vyjadrenia farebnej odchýlky, a to pravouhlé a cylindrické súradnice.

Totálna farebná diferenciacia ΔE^* , sa vypočíta podľa vzťahu:

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (5)$$

ΔE^* je mierou veľkosti farebného rozdielu medzi predlohou a vzorom, nemôže však indikovať povahu tejto diferencie. Túto dodatočnú informáciu poskytuje rozdelenie ΔE^* do troch zložiek, ktoré sa môžu v CIELAB systéme vyjadrovať dvoma spôsobmi:

1. Pomocou pravouhlých súradníc
(CIELAB)

$$\begin{aligned} \Delta L^* &= L^*_{(vzorky)} - L^*_{(predlohy)}, \\ \Delta a^* &= a^*_{(vzorky)} - a^*_{(predlohy)}, \\ \Delta b^* &= b^*_{(vzorky)} - b^*_{(predlohy)}. \end{aligned} \quad (6)$$

kde ΔL^* je jasová odchýlka
 Δa^* a Δb^* znázorňuje
rozdiely pozícií farieb

2. Pomocou cylindrických súradníc
(CIELCH)

$$\begin{aligned} \Delta L^* &= L^*_{(vzorky)} - L^*_{(predlohy)}, \\ \Delta C^* &= C^*_{(vzorky)} - C^*_{(predlohy)}, \\ \Delta H^* &= \sqrt{(\Delta E^*)^2 - (\Delta C^*)^2 - (\Delta L^*)^2}. \end{aligned} \quad (7)$$

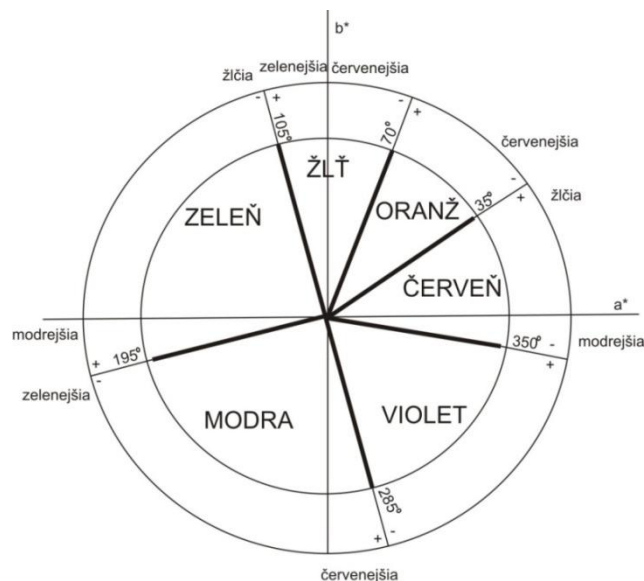
kde ΔC^* je odchýlka v mernej čistote
 ΔH^* je odtieňová odchýlka

Rovnica:

$$\Delta H^* = \sqrt{(\Delta E^*)^2 - (\Delta C^*)^2 - (\Delta L^*)^2}, \quad (8)$$

charakterizujúca odtieňovú odchýlku, ktorá bola zvolená preto, aby jednotky v ktorých je odchýlka udávaná boli zhodné s jednotkami ΔE^* .

Pretože toto riešenie rovnice neurčuje, či je ΔH^* + alebo -, určuje sa znamienko odchýlky posúdením vzájomného postavenia vzorkou ku predlohe. Ak vzorka leží proti smeru hodinových ručičiek od predlohy, je odtieňová odchýlka + ΔH^* . Ak vzorka leží v smere hodinových ručičiek od predlohy, je odtieňová odchýlka - ΔH^* . Názorný príklad na Obrázku 28 [1].



Obrázok 27 Určovanie povahy odtieňovej odchýlky ΔH^* v CIELAB systéme.

Vzorec CIELAB nepredstavuje ideálny farebný priestor a tento fakt viedol k ďalšiemu vývoju nových typov vzorcov pre výpočet farebnej diferencie.

4.4.2 CMC

Tento systém je odlišný v tom, že miesto gúl, ako by tomu bolo v ideálnom farebnom priestore, sú konštruované tolerančnou elipsoidou v súradniciach LCH farebného priestoru väčšinou podľa nasledujúceho vzorca.

$$\Delta E_t = \sqrt{\left(\frac{\Delta L}{k_1 L_t}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C}{k_2 C_t}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H}{k_3 H_t}\right)^2} \quad (9)$$

kde L_t , C_t , H_t sú parametre, závisle na farebných súradniciach predlohy

ΔL , ΔC , ΔH sú rozdiely farebných súradníc vzoriek a štandardu

k_1 , k_2 , k_3 sú parametre pre prispôsobenie vzorca konkrétnym podmienkam[1].

5. SPRÁVA FARIEB

Správa farieb CMS (**Color Management System**) je systémový prvok založený na zrovnávaní originálu s digitálnou kópiou. Účelom správy farieb je uspokojivo reprodukovať a podať farby v celom procese. Obraz nebude mať rovnakú spektrálnu charakteristiku, ale dá sa upraviť, aby sa farebný vnem pri určitom svetle zhodoval [22]. Technológia správy farieb má za úlohu prevádzať farebne dáta z aktuálneho farebného priestoru do cieľového priestoru kde, majú byť dáta reprodukované tak, aby zostal zachovaný ich farebný význam pri pozorovaní človekom[21]. CMS kompenzuje farebné deformácie na jednotlivých zariadeniach s rôznym gamutom. Charakterizácia farieb v správe farieb :

- Priestor závislý na zariadení hovorí ako farbu namiešať (RGB , CMYK). Na dvoch rôznych monitoroch bude vyzerat' odlišne.
- Priestor nezávislý na zariadení hovorí ako má daná farba vyzerat', ale nehovorí ako ju pripraviť (XYZ,Lab).

Podľa typu prepojenia rôznym spôsobom popisu farieb rozlišujeme:

- Uzavretý systém: Priame vzťahy medzi dvoma zariadeniami najmä v skorších dobách, používali sa systémy od jedného výrobcu. Všetky farebné korekcie boli prevádzané manuálne na základe skúseností.
- Otvorený systém: V súčasnosti sa farebný reprodukčný reťazec vyznačuje otvorenou architektúrou. Popis farieb vzhľadom na centrálny uzol PCS (prezentovaný nezávislým priestorom CIEXYZ, CIELab). Systém pozostáva z dvoch častí väzby. Prvý definuje transformáciu farieb zo vstupného zariadenia (závislého na zariadení) do PCS (nezávislého na zariadení). Druhá definuje deformáciu s PCS do výstupného zariadenia.

Zložky správy farieb : PCS, CMM, zámery reprodukcie, profily:

- PCS (priestor prepojenia profilov) Tento priestor je reprezentovaný dvoma rozdielnymi farebnými priestormi a to CIEXYZ a CIELAB, umožňuje priradiť farbe jednoznačnú numerickú hodnotu .Najdôležitejšou vlastnosťou oboch uvedených priestorov je, že reprezentujú farbu tak ako ju vníma človek.

- CMM Prevádza výpočty prevodov farieb na základe informácie z profilov. Profil obsahuje niekoľko diskretných farebných vzoriek so zdrojového farebného priestoru do PCS či následne naopak s PCS do ľubovoľného cieľového farebného priestoru (RGB/CMYK), ostatné hodnoty sú získané interpoláciou alebo výpočtom pomocou matice [22].
- Spôsob vykreslenia. Každé zariadenie má určitý pevný okruh farieb, ktoré je schopné reprodukovat'. Existujú ale farby ktoré sú súčasťou gamutu vstupného zariadenia ,ale nie sú súčasťou gamutu výstupného zariadenia. Pretože nie sme schopní v cieľovom farebnom priestore reprodukovat' tieto farby, musia byť nahradené inými farbami, alebo sa musí zvoliť iný postup. V špecifikácii profilov ICC sa nachádzajú štyri metódy pre spracovanie farieb nachádzajúcich sa mimo gamutu cieľového zariadenia.
- Profily definujú hodnoty CIE XYZ alebo CIE LAB zodpovedajúce daným hodnotám RGB či CMYK [6].

Správa farieb v **MacOS** a nastavenie profilu na úrovni operačného systému platformy Macintosh sa prevádza v systémovej aplikácii ColorSync, ktorá využíva CMM (Color Matching Modul). ColorSync bol pôvodne navrhnutý pre počítače Macintosh, ale neskôr bol prijatý ako medzinárodný štandard International Color Consortium. Mac OS X so správou farieb ColorSync patrí k najlepšej správe farieb pre dnešný grafický priemysel. ColorSync funguje ako systémová aplikácia, ktorá obsahuje záložku Profiles a záložku CMMs. V záložke Profiles sa nastavuje profil zariadenia alebo pracovné priestory. Je vhodné používať štandardy, ktoré sú podporované výrobcami vstupných a výstupných zariadení, a používať ich ako pracovný priestor pre spracovanie obrázkov. Štandardizovaný priestor sRGB vhodný pre použitie v kancelárskych aplikáciách a internetových prehliadačov. A štandardizovaný priestor Adobe RGB pre komerčnú tlač [16].

ColorSync má svoje zastúpenie skôr na grafických pracoviskách v oblasti prístupu nastavenia profilov. Správa farieb ICM aj ColorSync musia mať k dispozícii aktuálny profil vstupného alebo výstupného zariadenia pracujúce s farbou, respektíve možnosť priradenia aktuálneho profilu. Samotné spracovanie farieb prebieha automaticky, rozdielom od ICM je priamy prístup do nastavenia v systéme.

5.1 ICC profil

Profil je súbor definujúci reláciu medzi hodnotami farieb získaných z daného zariadenia a hodnotami farieb nezávislých na zariadení. Jeho formát definovalo International Color Consortium čiže ICC. Hodnoty získané zo zariadenia sú obvykle vyjadrené vo forme RGB alebo CMYK, ktoré musíme do daného zariadenia odoslať aby reprodukovalo nejakú farbu. ICC profil je v podstate tabuľka, ktorá prevádza RGB čísla na farby vyjadrené pomocou nezávislého a normalizovaného farebného priestoru PCS podľa CIE. Každé zariadenie by malo mať svoj ICC profil, ktorý sa obvykle do operačného systému dostane pri inštalácii ovládačov či programov. Zodpovedajúce hodnoty nezávisle na zariadení a hodnoty určujúce farbu ktoré zariadenie reprodukuje sú vyjadrené v priestore PCS (CIEXYZ, CIELAB). Ak dôjde k stretnutiu dvoch rozdielnych farebných rozdielov (napr. digitálnym fotoaparátom a monitorom), dôjde k premapovaniu farieb cez program CMM (Color Matching Method). CMM program neprevádza farby do PCS a späť, ale priamo dochádza k prevodu medzi vstupným a výstupným zariadením s využitím matematickej referencie PCS. Profil zariadenia popisuje informácie o 3 základných premenných:

- Gamut
- Dynamický rozsah
- Charakteristiky reprodukcie tónov farby

Gamut je pevný rozsah farieb a tónov, ktoré môže zariadenie reprodukovat'. Napríklad, monitor nemôže zobrazit' sytejšiu červenú ako zodpovedá farbe červeného fosforu monitoru.

Dynamický rozsah, je rozsah jasu ktorý je schopný zariadenie spravovat' a reprodukovat'. Týka sa to monitorov a tlačiarní. Digitálne fotoaparáty a skenery nemajú farebný gamut, pretože v nich neexistuje presná hranica medzi farbami ktoré môžu a nemôžu vidiet'. Namiesto toho majú funkciu farebného miešania, táto funkcia zariadení vytvorí jedinečnú zmes hodnôt červenej, zelenej a modrej pre každú farebnú vzorku.

Charakteristiky reprodukcie tónov. Zmeranie presnej farby a hustoty základných farieb, bieleho a čierneho bodu je dôležité, ale predstavujú iba extrémny, ktoré bude zariadenie reprodukovat'. Ale ak chceme popis zariadenia pre správu farieb dokončit',

musíme zistiť čo sa deje s farbami medzi bielym bodom a čiernym bodom. Existuje niekoľko spôsobov ako merať a modelovať charakteristiky reprodukcie tónov zariadenia. Najjednoduchší sa nazýva krivka reprodukcie tónov. Definuje vzťah medzi vstupnými veličinami a výslednými hodnotami jas, nameranými na výstupe zo zariadenia. V prípade monitorov, skenerov a digitálnych fotoaparátov sa krivka reprodukcie tónov nazýva gamma krivka.

Biely bod a čierny bod sú faktory ovplyvňujúce gamut zariadenia. O farbe a hustote sa dá hovoriť v oboch prípadoch len s rozdielom dôležitosti. V prípade bieleho bodu je farba dôležitejšia ako hustota a pri čiernom bode je hustota dôležitejšia než farba [6].

Profil sám o sebe nerobí nič, aktivuje sa až vtedy, keď je spustený proces konverzie farieb z jedného zariadenia na druhé. Po ukončení konverzie sa systém pre správu farieb musí dozvedieť odkiaľ farby pochádzajú a kam sú smerované, to znamená, že sú potrebné dva profily. Zdrojový profil z ktorého prevádzame konverziu a cieľový profil do ktorého konvertujeme [6]. K vytváraniu profilov slúži špeciálna aplikácia, ktorá vytvára matematický model pomocou maticových alebo LUT (Look-Up-Table) profilov[14]. Oba typy obsahujú definíciu bieleho bodu zariadenia, ale líšia sa spôsobom určenia reprodukcie tónov.

- Profily maticové – Určujú transformačnú maticu 3×3 pri trojkanálových zariadeniach. Transformácia napríklad RGB hodnôt na XYZ alebo naopak, schopnosť previesť akúkoľvek trojicu čísel. Maticové profily využívajú vždy priestor CIE XYZ ako priestor PCS. Profil tiež obsahuje jedno alebo viac čísel charakterizujúcich tónovú krivku každého farbiva. Touto tónovou krivkou sú prevádzané všetky čísla zo zariadenia ešte pred vlastnou konverziou. Matice sú vhodné skôr pre zariadenia s pomerne jednoduchou charakteristikou reprodukcie tónov.
- Profily LUT – Empirický model ktorý sa používajú v prípade ak popis zariadenia nejde jednoducho vyjadriť matematickým vzťahom. Tabuľka v ktorej sú k jednotlivým diskretným vstupným hodnotám priradené zodpovedajúce výstupné hodnoty ($L^*a^*b^*$ súradnice), obsahuje určitý obmedzený počet bodov (súradníc farieb). Software pre vytváranie profilov obvykle rozhodne koľko bodov má byť zachytených v tejto tabuľke. Transformáciou pomocou LUT je možné prevádzať iba v jednom smere, pre uskutočnenie opačnej konverzie musí profil obsahovať ďalšiu

LUT tabuľku v smere prevodu. Výstupné profily musia byť vždy tabuľkové. Tabuľky nie sú obmedzené len na trojkanálové zariadenia a môžu byť použité na zložitejšie zariadenia, stačí len pridať ďalšie vzorové body do tabuľky [22],[6].

Existujú tri typy profilov a to profily vstupných zariadení (digitálny fotoaparát, skener), výstupných zariadení (digitálna tlačiareň, stolná tlačiareň ,atd.) a profil monitoru. Tvorba ICC profilov zariadení sa skladá z kalibrácie a charakterizácie zariadenia [15].

5.2 Profil monitoru

Profil monitoru vykonáva funkciu vstupného aj výstupného zariadenia preto musí byť obojsmerný, to znamená že musí transformovať farebné informácie medzi závislým a nezávislým priestorom oboma smermi. Pokiaľ sa upravuje farebnosť obrázku na základe vizuálneho posúdenia, slúži monitor ako vstupné zariadenie. Ak je obrázok iba prehliadaný, stáva sa monitor zariadením výstupným. Systém farieb vyhodnotí profil vložený do obrazu, aby zistil skutočné farby reprezentované jednotlivými číslami [6].

Kalibráciou sa označuje proces, pri ktorom je chovanie zariadenia upravované a nastavované tak, aby reakcia zariadenia na určité stimuly zodpovedali požadovaným reakciám. Prevádzame také zmeny chovania zariadenia, ktoré zaisťujú dosiahnutie určitého požadovaného stavu. Kalibráciu prevádzame s veľa rôznych dôvodov, ale pri správe farieb je z nich najdôležitejšia snaha o zachovanie prenosu profilu zariadenia. Pri kalibrácii dochádza ku skutočným zmenám chovania zariadenia v dôsledku zmien v nastavení. Nástroje na kalibráciu môžu byť softwarové (subjektívne) aj hardwarové (objektívne). Existuje veľké množstvo programov, ktoré sľubujú kvalitné nastavenie farieb, ale nie všetky sú naozaj efektívne. Osvedčené sú predovšetkým aplikácie od výrobcov grafického softwaru. Prvým krokom kalibrácie je zvyčajne odoslanie známych farebných signálov do zariadenia pre nastavenie štandardu, druhým krokom je zmeranie výslednej zobrazenej alebo vytlačenej farby a ako posledné zadanie výsledkov do softwaru. Čiastočným riešením môže byť použitie kalibračných obrázkov, ktoré užívateľovi napovedia, ktorý z parametrov je zle nastavený. Najjednoduchšou metódou kalibrácie monitoru sú rôzne softwarové riešenia, ale nevýhodou tejto vizuálnej metódy

je nezhodné vnímanie obrazu každého užívateľa. Výsledok môže ale nemusí byť pomerne dobrý, ale nenahradí objektívne hardwarové meranie. Objektívna metóda sa prevádza pomocou rôznym kalibračných sond a príslušné programové vybavenie, ktoré vytvorí štandardizovaný ICC profil. Obvykle sa sonda umiestni na stred monitoru, vymedzí jej umiestnenie, prevedú sa úpravy jas a kontrastu. Program premeria definované farebné odtiene a na základe merania vytvorí farebný profil monitoru [6]. Ako kalibračné sondy sú obvykle využívané tristimulárne kolorimetre. Kalibračné sondy vyrábajú napríklad spoločnosti Gretag-Macbeth a X-rite. Medzi výhody sondy patrí aj meranie osvetlenia miestnosti, pod ktorým sa na počítači pracuje. Okrem toho môžeme na monitore nastaviť:

- Biely bod umožňuje zadanie hodnoty jas bieleho bodu, ktorá sa užívateľovi javí ako najviac prirodzená. V prípade LCD monitorov sa obvykle nastavuje maximálny jas, ktorý nám kalibračný systém ešte dovolí. Doporučená hodnota pre osobné počítače je D65 (6500 Kelvinov) a však existujú dve alternatívne možnosti bežne používané pre farebné monitory – D50 (5000 Kelvinov) a D93 (9300 Kelvinov), Obrázok 29.



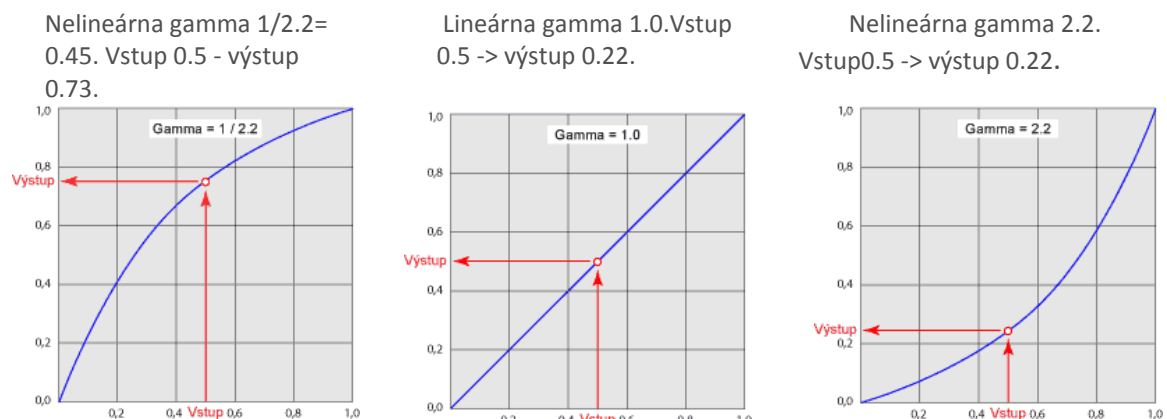
Obrázok 28 Farba bieleho bodu[14]

- Čierny bod je o niečo zložitejší na nastavenie. Ak je čierny bod nastavený príliš nízko, orežú sa niektoré tieň, ale ak je nastavený príliš vysoko, čierna farba bude vyblednutá. Z toho hľadiska sú kalibračné systémy schopné nastavovať ovládacie prvky monitoru automaticky, čo je podstatne výhodnejšie. U väčšiny LCD monitorov nenájdeme žiadny ovládací prvok, ktorým by sa dal nastaviť čierny bod. V takýchto prípadoch sa užívateľ musí uspokojiť s nastavením kalibračného systému. Niektoré kalibračné systémy umožňujú vizuálne nastavenie čierneho bodu, ktoré obvykle zobrazujú vzorku tmavej šedej farby na čiernom pozadí.
- Teplota chromatičnosti závisí na ovládacích prvkoch konkrétneho monitora. V prípade automatických systémov si software prevedie všetky nastavenia sám. U LCD monitorov sa dá teplota chromatičnosti dosiahnuť iba filtrovaním zadného

osvetlenia. Preto je vhodné ponechať natívnu teplotu chromatičnosti, ktorá býva blízka 6500K.

- Hodnota gamma - Graficky sa znázorňuje pomocou krivky. Je to prepočet hodnôt jasů každého obrazového bodu podľa gamma krivky. Napodobovanie nelineárnej závislosti jasů s CRT monitorov na LCD monitory. Inverznú transformáciu (gamma) prevádza monitor sám, čo vyplýva z konštrukcie. Každý pixel fotografie má určitý jas v rozsahu 0 % (čierna) do 100 % (biela). Monitor reaguje na vstupný jas pixelov fotografie nelineárne, napríklad pixel s jasom 0.5 zobrazí s jasom 0.18. Veličinou gamma sa rozumie hodnota, ktorá vyjadruje túto nelinearitu podľa vzťahu:
$$\text{Výstupný jas pixelu} = \text{Vstupný jas pixelu}^{\text{Gamma}}$$

Gamma predpísaná vo farebnom priestore RGB nie je vyjadrená jedným číslom, ale blíži sa k hodnote 2.2. Znamená to, že obrázok je kódovaný s gamma korekciou 0.45 a dekódovaný s gamma 2.2, čím sa oba vplyvy navzájom rušia. Na systémoch Macintosh sa používa gamma krivka s hodnotou 1.8.



Obrázok 29 Gamma krivka [20]

Gamma mení rozloženie jasů vnútri rozsahu jasů, nemení najsvetlejšie a najtmavšie miesta. Vzniká tak dojem zosvetlenia alebo stmavenia. Pretože sa nemenia krajné body (biela/čierna) nedochádza tak k prepalom bielej či strate kresby v čiernej. Gamma významne vplýva aj na farby obrazu. Ak je snímok pomocou gamma korekcie zosvetlený, farby vyblednú (do všetkých farieb je pridaná biela) a naopak ak je obrázok stmavený za pomoci gamma tak sýtosť farieb stúpa (odčítanie bielej) [20].

5.3 Profil vstupného zariadenia

Vstupný profil je jednosmerný, systém iba potrebuje vedieť aké farby predstavujú dané hodnoty RGB. Obvykle konverzia z farebného priestoru vstupného zariadenia do priestoru PCS. Zväčša platí, že na skeneri či digitálnom fotoaparáte sa nedajú prehliadať obrázky z počítača [6]. Profily skeneru či digitálneho fotoaparátu nepopisujú farebnosť zaznamenaného predmetu, ale priradením ICC profilu sa dosiahne zachovanie relatívnej farebnosti, ktorá zodpovedá danému osvetleniu ako ju mohol vidieť autor pri digitalizácii obrazu. U digitálnych fotoaparátov je obvykle možnosť vybrať medzi štandardizovanými priestormi s RGB a Adobe RGB (1998). Dôležitým krokom je uloženie obrazovej informácie do vhodného formátu RAW, TIF alebo v stratovej kompresii (JPEG) kde dochádza k posunu farebnosti. V digitálnych fotoaparátoch alebo skeneroch sa dajú spravidla previesť základné korekcie pre dosiahnutie požadovaného jas a kontrastu. Napríklad nastavenie bieleho a čierneho bodu pomocou histogramu či pipety, alebo nastavenie citlivosti na svetlo pomocou ISO. Pri digitalizácii je lepšie vyhnúť sa korekciám prednastavených profilov a využiť presnejšie manuálne korekcie. Rôzne okolnosti, ako aj pôsobenie svetla ovplyvňujú skutočnú farebnosť, ktoré sú ťažko odhadnuteľné. Skutočnú farebnosť snímaného predmetu by mal dokumentovať kalibračný terč s referenčnými dátami, umiestnenom do priestoru snímaného predmetu [16].

5.4 Profil výstupného zariadenia

Vstupné zariadenie predstavuje stolovú tlačiareň, tlačiarensky stroj alebo iné tlačiarenské zariadenie. Slúži nielen na popis týchto zariadení za účelom správnej reprodukcie farieb, ale tiež možnosť simulácie výslednej farebnosti na inom výstupnom zariadení alebo na monitore. ICC profil výstupného zariadenia je obojsmerný. Princíp vytvárania profilov výstupných zariadení je rovnaký ako u ostatných profilov. Predloha s farebnými poliami je vytlačená na konkrétnom zariadení a spektrofotometricky zmeraná. Namerané hodnoty sú porovnávané s referenčnými hodnotami a je vygenerovaný ICC profil. Profil výstupného zariadenia charakterizuje nielen samotné zariadenie ale aj konkrétny papier a farby [6].

6. MONITOR

Monitor patrí k základnému výstupnému zariadeniu každého počítača. Monitor je elektronické zariadenie, ktoré slúži k zobrazeniu textových a grafických informácií. Dlhé obdobie sa používali monitory CRT, ktoré boli nemotornejšie, zdraviu škodlivejšie ale mali aj svoje výhody. Dnes sa už tento typ takmer nevyrába, nahradila ich technológia LCD. Medzi najznámejších výrobcov monitorov patria taiwanské spoločnosti Acer, Asus a BenQ, americké Hewlett-Packard a Dell, japonské spoločnosti Eizo, Nec či Sony a kórejské LG a Samsung [5]. Najdôležitejšou časťou každého monitoru je obrazovka na ktorej sa zobrazujú jednotlivé pixeli. Pixel predstavuje jeden svietiaci bod na monitore, ktorý obsahuje informácie o farbe. Signál je do monitora prenášaný analógovo (CRT) alebo digitálne (LCD). Rozdelenie monitorov podľa používaných technológií:

- CRT (Cathode Ray Tube)
- LCD (Liquid Cristal Display)
- OLED

6.1 LCD

LCD je typ zobrazovacieho zariadenia, ktoré ku zobrazeniu obrazu využíva zmeny optických vlastností tekutých kryštálov v závislosti na zmenách elektrického pola, ktoré na ne pôsobí. Tekuté kryštály slúžia ako náhrada za vákuovú elektónku v klasických CRT monitoroch [8]. LCD displeje rozdeľujeme na pasívne STN (supertwist nematic) a aktívne TFT (thin-film transistors):

Pasívne matice STN. Pasívne LCD používali jednoduchú mriežku pre dodanie energie jednotlivým bodom. K aktivácii príslušného pixelu došlo tak, že sa aktivoval vodič v príslušnom riadku a stĺpci matice. Tento spôsob vyžaduje použitie kvapalných kryštálov s veľkou zotrvačnosťou. Táto technológia je nevhodná pre zobrazovanie rýchlo sa meniacich objektov.

Aktívne TFT - Tento typ LCD monitorov je založený na technológii TFT (thin film tranzistor). Zo zadnej strany panelu používa samostatnú elektródu pre každý obrazový bod a z prednej strany jednu spoločnú elektródu pre všetky body [9]. Táto vrstva obsahuje tranzistory, drobné elektronické zariadenia usporiadané do matice, ktoré zodpovedajú x-ovým a y-ovým (horizontálnym a vertikálnym) súradniciam na

obrazovke. Každým tranzistorom prechádza elektrický prúd, ktorý drobnú zobrazovaciu jednotku buď aktivuje, alebo deaktivuje [10].

6.2 Dôležité časti LCD monitora

Kvapalné kryštáli sú látky, ktorých stavebné častice sú v priestore usporiadané do pravidelných krištáľových mriežok. Kvapaliny sú látky bez kryštalickej štruktúry, ktoré môžu ľahko meniť tvar vďaka tomu, že molekuly sú vzájomne viazané menšími silami ako u pevných látok. Kvapalné kryštáli sú organické látky, ktoré vytvárajú prechod medzi pevnými látkami a kvapalinami. Aby príslušná organická látka získala vlastnosť kvapalných kryštálov, musí byť rozpustená vo vodnom roztoku. V roztoku sa molekuly látky usporiadávajú do pravidelnej štruktúry a vytvárajú tak homogénny, ale už nie izotropný roztok. Roztok sa chová potom ako kryštál. Usporiadanie kvapalných kryštálov v troch typoch a to Smectické kvapalné kryštáli, Cholesterické kvapalné kryštáli a Nematické kvapalné kryštáli.

V konštrukcii LCD panelov sa používajú nematické kvapalné kryštáli, ktorých molekuly majú podlhovastý tvar a navzájom rovnobežné osi usporiadania, ktoré nie sú usporiadané vo vrstvách.

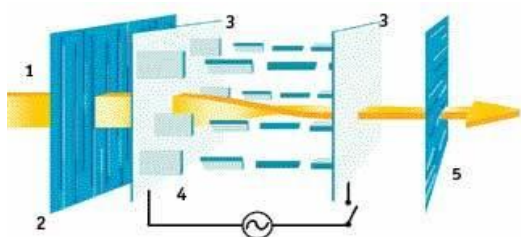
Polarizačný filter prepúšťa iba svetlo polarizované v určitom smere. Prejde iba vlnenie, ktorého elektrická zložka je kolmá na štrbiny a ostatné sa pohltí.

LED svetlo vyžarujúca dióda (Light Emitting Diode) tzv. polovodičová súčiastka produkujúca svetlo. V súčasnej dobe využívaná namiesto fluorescenčných trubíc [10].

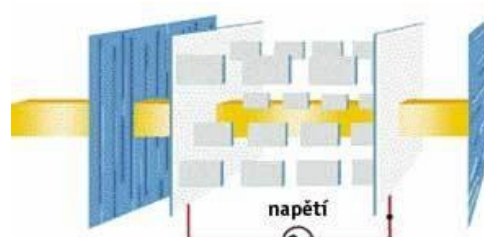
6.3 Princíp činnosti monitorov

Technológia je založená na elektromagnetických vlastnostiach tekutých kryštálov. Pomocou napätia na elektródach sú molekuly tekutých kryštálov usmerňované do príslušnej polohy, cez ktoré prechádza polarizované svetlo, ktorého intenzita je tak polohou molekúl regulovaná. Každý pixel je aktívne ovládaný jedným tranzistorom. Svetlo je zaisťované poosvetľujúcimi katódovými trubicami alebo vonkajším odražaným svetlom. Každý obrazový bod je ohraničený dvoma polarizačnými filtrami, farebným filtrom (pre červenú, zelenú a modrú) a dvoma vyrovnávacími vrstvami. Všetko je vymedzené tenkými sklenenými panelmi. Tranzistor každého obrazového bodu kontroluje veľkosť napätia, ktoré prechádza medzi

vyrovnávacími vrstvami a elektrické pole pôsobí na zmenu štruktúry tekutého kryštálu, čím ovplyvní natočenie jeho častíc, Obrázok 31-32. Týmto spôsobom je možné regulovať niekoľko desiatok až stoviek stavov tekutých kryštálov, pri ktorých vzniká výsledný jas farebných odtieňov. A pretože sa každý obrazový bod skladá z troch základných farebných sub-pixelov (RGB), vzniká tak nespočetné množstvo rôznych farebných odtieňov. Každý pixel pozostáva z troch sub-pixelov, čo znamená, že LCD monitor s rozlíšením 1 600 x 1 200 má v skutočnosti nie 1 600 bodov, ale 4 800 sub-pixelov. Veľkosť týchto bodov sa pohybuje štandardne v rozmedzí od 0,24 - 0,29 mm [9].



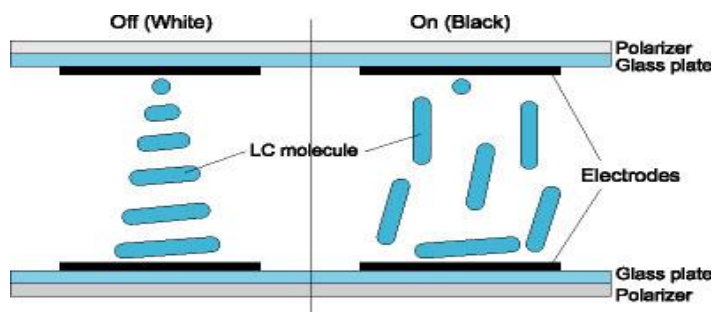
Obrázok 30 Kladný stav - svetlo prechádza[29]



Obrázok 31 Stav pri napätí - svetlo neprechádza [29]

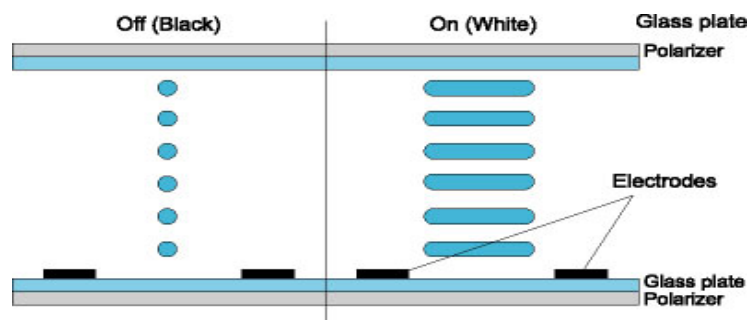
6.4 Technológia LCD

S postupom času sa technológia tekutých kryštálov vylepšuje, a preto existuje veľké množstvo technológií a označení LCD displejov. Jeden zo základných typov je TN+film technológia (Obrázok 32), ktorá patrí k najlacnejším a najjednoduchším technológiám. Výroba je založená na technike **Twisted Nematic** (TN), ale navyše je na ich povrch aplikovaná vrstva, zvyšujúca pozorovacie uhly (horizontálne až 90°). Podanie farieb je jedno s najhorších zo všetkých technológií, a tak sa hodí prevažne do kancelárie. Táto technológia mala syndróm svietiacich mŕtvych pixelov, čo bolo odstránene v ďalších technológiách [10].



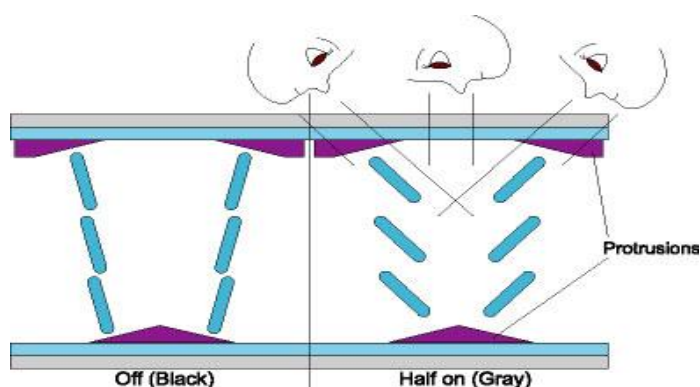
Obrázok 32 Technológia TN[30]

Ďalšou technológiou je technológia **In-Plane Switching** (IPS), ktorá je tiež nazývaná Super-TFT. Technológia IPS od spoločnosti Hitachi je založená na zarovnaní tekutých kryštálov paralelne so substrátom, ktorá je zobrazená na Obrázku 33. Najväčšou výhodou je uhol pohľadu až okolo 180°, ale na druhú stranu kvôli paralelnému usporiadaniu kryštálov je nutné umiestniť elektródy "hrebeňovite" na zadnú sklenenú plochu. Dôsledkom je nízky kontrast displeja a doba odozvy taktiež nie je najlepšia [11].



Obrázok 33 Technológia Super-TFT(IPS) [30]

Posledný, z veľmi bežných technológií a pravdepodobne najlepšou technológiou výroby je tzv. **Multi-Domain Vertical Alignment** od Fujitsu na Obrázku 34. Široké pozorovacie uhly až okolo 160° sú zaistené použitím "výčnelkov" (protrusions), ktoré čiastočne blokujú priechod svetla. Vďaka vertikálnemu usporiadaniu tekutých kryštálov sú pre zmenu zaistené skvelé doby odozvy, pretože natočenie netrvá tak dlho ako u TN alebo IPS. MVA je akýmsi kompromisom medzi technológiami výroby [11].



Obrázok 34 Technológia Multi-Domain Vertical Alignment[30]

7. NEDEŠTRUKTÝVNE METÓDY- ANALÝZA ARTEFAKTOV

Nedeštruktívne testovacie metódy historických artefaktov, ktoré sa týkajú kvalitatívneho vyšetrenia diel (zviditeľnenie nečitateľných signatúr, nápisov, premalieb, tmelených miest, podkladových vrstiev, retuší, zmien v kompozícii obrazov, určenie použitej techniky maľby či rezby) a jeho vyhodnotenia. Nedeštruktívne metódy charakterom analýz vyhovujú aj tým najnáročnejším požiadavkám šetrnosti voči skúmanému artefaktu ako aj podstatne vyššej bezpečnosti práce s nimi. Medzi nedeštruktívne testovacie metódy sa považuje zosnímanie v reálnom spektre, IR reflektografia, UV fluorescencia, RTG (X-ray). Podrobenie skúmaného umeleckého alebo historického artefaktu dostupnými a najnovšími technologickými postupmi a prístrojmi pomocou nedeštruktívnych metód. Vyhodnotenie diela bez mechanického a chemického zásahu. Zosnímanie a vyhodnotenie stavu diela v reálnom svetelnom spektre (5400°K). Výsledkom je záznam stavu poškodenia artefaktu, povrchu maľby, podložky, nerovnosti, poškodení krakelami, úbytkami a eventuálnymi sekundárnymi doplnkami.

IR reflektografia je technológia používaná konzervátormi a umeleckými historikmi pred reštaurátorskými prácami a počas akejkoľvek dokumentačnej fázy. IRR slúži najmä na nedeštruktívne zviditeľnenie podkresieb alebo signatúr obrazov obsahujúcich chemický prvok uhlík (uhlík, grafit a podobne). Niektorí maliari si predkresľovali náčrt kompozície obrazu na podkladovú vrstvu a veľmi často menili finálnu kompozíciu diela. Je zrejmé, že prítomnosť podkresby a miera jej zhody s konečnou kompozíciou obrazu má vysokú výpovednú hodnotu o tvorivom procese umelca ale aj pre historikov umenia pomôcť pri rozlišovaní originálu obrazu od kópie. Infračervené žiarenie má dlhšiu vlnovú dĺžku ako viditeľné svetlo, preto má lepšiu prenikajúcu schopnosť rôznymi materiálmi. IR žiarenie je menej absorbované a rozptyľované vrstvami laku a pigmentov v dôsledku toho budú viditeľné aj materiáli nepriehľadné viditeľným svetlom. V súčasnej dobe bol tradičný IR film väčšinou nahradený digitálnymi systémami, ktoré umožňujú spoľahlivejšie vytvorenie databázy, lepšie spracovanie obrazu, zvýšenie jednoduchosti reprodukcie a kvality obrazu najmä čo sa týka farby penetrácie. Používanie systémov ako napríklad Vidicom systém, ovládaný rovinný skener VIS alebo CCD multispektrálne metódy.

UV indukovaná fluorescencia sa uplatňuje pri vyšetrovaní malieb, skla, keramiky, papiera, textilu a podobne. UV fluorescenčná metóda pomocou digitálnej CCD kamery umožňuje odhaliť predchádzajúce zásahy do umeleckého diela a tiež aj vizualizáciu starých listín, ktoré sa stali v dôsledku prirodzeného starnutia nečitateľné voľným okom. UVF nastane keď je materiál citlivý na UV svetlo. Materiál absorbuje určité UV žiarenie ale absorbuje len časť energie z každého fotónu. Výsledné fotóny prenášajú vyžarovaný obraz vo viditeľnom spektre. Staré farby miešané olejmi a lakové vrstvy emitujú pri excitácii UV žiarením tým viac viditeľného svetla, čím sú staršie. Preto je možné rozlíšiť novonanesené, retušované a opravované plochy od pôvodných tým, že novšie vrstvy fluoreskujú slabšie, tieto miesta sú zobrazené ako čierne škvrny. Niektoré farby bežne používané v určitom období môžu fluoreskovať veľmi špecifikovanými farbami ako napríklad šelak ktorý fluoreskuje zvláštnym odtieňom oranžovej, staršie laky fluoreskujú v zelených odtieňoch.

Röntgenov (RTG, X-ray) snímok podáva informáciu o všetkých vrstvách obrazu alebo častiach sochy. RTG žiarenie preniká takmer všetkými materiálmi obrazu v dôsledku toho röntgenogram poskytuje reštaurátorovi veľa informácií o vyšetrovanom objekte. Úroveň sčernania RTG filmu závisí od intenzity RTG žiarenia, hrúbky absorbujúcich vrstiev, doby expozície a absorbných vlastností materiálu vrstiev, ktorými RTG žiarenie prechádza. RTG snímok umožňuje identifikovať zmeny, ktoré nastali v priebehu rôznych fáz, vytmelené diery, nepravidelnosť v podkladovej doske, praskliny, chodbičky po červotočoch, štruktúru dreva, detekcia stôp minerálov a ďalších prvkov v laku, čo môže byť kľúčom k zisteniu pôvodu alebo pravosti umeleckého diela. RTG umožňuje zistiť techniku maľby, ktorá je charakteristickou črtou umelca i zmeny v kompozícii obrazu. Určiť rôzne premaľby farebných vrstiev na základe ich absorpcie RTG žiarenia. Takto možno identifikovať napríklad kriedový podklad tabuľových obrazov, ktorý sa prejavuje zosvetlením snímky alebo silno olejové podklady s olovenou belobou majú výraznú štruktúru vlákna. RTG fotografia predstihuje všetky ostatné metódy prieskumu malieb.

Digitalizácia a archivácia výstupov. Digitalizácia výstupov umožňuje ich lepšiu distribúciu verejnosti, a umožňuje doladovanie výstupov z vyššie uvedených metód snímkovania na ich lepšiu vizuálnu identifikáciu [31].

8. HISTORICKÉ TEXTÍLIE A ICH REŠTAUROVANIE

Na začiatku 19.storočia sa objavil záujem o historické textílie, no zberateľstvo súkromné aj verejné dosiahlo vrchol až v druhej polovici 19.storočia. Intenzívne zakladanie múzeí do ktorých prechádzali významné kolekcie textílií. Stredobodom záujmu boli predovšetkým tkaniny malého formátu, to znamená, že látky boli často strihané do požadovaných veľkostí, čím došlo k ich roztrúseniu po celom svete. Situácia na starožitníckom trhu sa zmenila až na začiatku 20.storočia, pričinením cirkvi a ďalších inštitúcií ustáli neuvážené predaje a začala sa textíliám venovať systematická pozornosť. Tá sa po druhej svetovej vojne upriamila i na archeologické textilné nálezy, kedy došlo k niekoľkým veľkolepým archeologickým nálezom, vďaka ktorým začalo skúmanie, spracovávanie a vyhodnocovanie archeologických textílií prenikať do odbornej literatúry a postupne bol vyvinutý systém pre analýzu tkanín. Neoddeliteľnou súčasťou skúmania historických textílií je ich konzervovanie a reštaurovanie, ktorých zásady položili S. Muller-Christensen, A. Geijera a zjednotila M. Flury – Lemberg. Vo svete existuje niekoľko renomovaných organizácií venujúcich sa komplexne historickým textíliám ako napríklad C.I.E.T.A. (Centre International d'Etudes des Textiles Anciens) založená v roku 1954 vo francúzskom Lyonu. Ďalším je nadácia Abegg-Stiftung vo Švajčiarsku (1961), medzinárodné združenie NESAT (North European Symposium for Archaeological Textiles) a dánske výskumné centrum CTR (Centre for Textile Research) založené v roku 2005. Reštaurátorské laboratória zamerané na textil existujú dnes už takmer pri všetkých inštitúciách spravujúcich historické textílie, napríklad v Mníchove, Ríme alebo v Norimbergu. V Čechách existuje reštaurátorská textilná dielňa od roku 2000 na Pražskom hrade.

8.1 Typy nálezov

Dochovanie krehkých textilných nálezov vyžaduje špeciálne podmienky, ktoré tak tvoria z textílií vzácne archeologické nálezy úzko späté s niekoľkými typmi nálezových prostredí a okolností:

- Textílie v korózných predmetoch - S rozvojom spracovávaní kovov, výroby predmetov z kovu a so zaradením do hrobového inventáru dochádza k značnému vzrastu nálezov organického materiálu. Predmety organického pôvodu, ktoré sa

v dobe korózie nachádzali v tesnej blízkosti kovových predmetov sa dochovali v rôznych formách.

- Textilie vo vlhkom prostredí – Optimálne podmienky pre zachovanie organických materiálov poskytuje prostredie s konštantnou vlhkosťou bez prístupu vzduchu. Takéto podmienky sa predovšetkým nachádzajú v bažinách a rašelinových pôdach. Vrstvy organického charakteru, najmä v oblastiach severnej Európy, tvoria výplň stredovekých odpadových jám a studní ktoré často obsahujú značné množstvo textilných fragmentov. Je to rozsiahly zdroj poznania výrobku stredovekého textilného remesla.
- Hrobové textilie – Pre obdobie stredoveku a novoveku sú časté nálezy celých kusov odevov, ktoré sa spolu s ľudskými pozostatkami dochovali v hrobkách, hroboch alebo kryptách. Spomínané textilie majú vysokú výpovednú hodnotu v oblasti módy, obchodu alebo sociálneho štatútu zosnulého.
- Negatívne otláčky – Otláčky štruktúr sa najčastejšie vyskytujú v hlinenom materiáli. Jedná sa prevažne o otláčky šnúr, šitia a látok slúžiacich pri zavesení alebo pri manipulácii.
- Zuhorľatené, suché a zmrznuté textilie - Patria k ojedinelým nálezom, kedy za úplne výnimočných podmienok dôjde k uchovaniu zoškvarených textilných objektov. Trvalo zmrznuté tkaniny reprezentujú nálezy v severských oblastiach Európy a Ázie.

8.2 Výskum

Textília predstavuje krehké a rýchlo sa degradujúce archeologické nálezy, ktoré vyžadujú špecifické postupy. Je nutná spolupráca s textilnými specialistami, konzervátormi a mikrobiológmi.

- Terénny výskum – Nutnosť pred samotným vyzdvihnutím nálezu vykonať dokumentáciu nálezu. Podrobná fotodokumentácia od okamihu odkrytia, ktorá slúži na ďalšie spracovanie. Fotografická dokumentácia by mala obsahovať celkový prehľad situácie a detail umiestnenia textílie. Následne kresbovú dokumentáciu (detail umiestnenia textílie, respektíve predmetov a podobne), verbálny popis (napríklad poloha objektu, rozmery, umiestnenie) a spôsob odobratia textilného nálezu. Provizórne uloženie v teréne by malo byť iba krátkodobého charakteru,

nález by mal byť čo najrýchlejšie presunutý do odborného laboratória. Je potrebné dodržiavať niekoľko pravidiel, aby nedošlo ku kontaminácii vzoriek.

- Laboratórne ošetrenie – Súčasným trendom v konzervovaní textílií je čo najmenší zásah do materiálu. Zvolený postup je individuálny a vychádza zo stavu konkrétneho objektu. Všetky kroky konzervovania je potrebné zaznamenať do reštaurátorskej správy. Pri ukladaní musí byť vzorka riadne označená.

Textilný rozbor sa prevádza za použitia mikroskopie, s pomocou optického mikroskopu a stereomikroskopu pre celkový prieskum textílie. Elektrónový a presvetlovací mikroskop pre analýzu textilných vlákien. Neoddeliteľnou súčasťou rozboru je stav zachovania, typ textílie, farba, surovina s ktorej bola textília zhotovená (využitie analytických metód ako napríklad IR spektroskopiu, SEM mikroskopiu a podobne) a rozbor fragmentu.

Archeologický textil je dokladom hmotnej kultúry určitého obdobia rovnako ako aj výrobky z iných materiálov. Pokiaľ sú zachované textilné nálezy dobre preskúmané a interpretované môžu priniesť neoceniteľné informácie o dobách minulých [34].

8.3 Reštaurovanie

Často sa stretávame s reštaurovaním historických textílií v čalúnenom nábytku alebo interiéry v zámockých inštaláciách. Pokiaľ je textília aspoň s časťou zachovalá je možné použiť značne citlivejšie spôsoby ako v prípade ak je textilný materiál úplne zničený. Záchrana čalúnených textílií zo zreteľom rešpektujúcim originálny poťah. Je dôležité podotknúť pre ochranný režim pamiatky, že reštaurovaný nábytok nesmie byť používaný k pôvodnému účelu.

9. EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

9.1 Podstata skúšky

Štúdia digitalizácie farebného vzhľadu, ktorou sa táto práca zaoberá, má odhaliť vplyv osvetlenia na interpretáciu výsledného obrazového záznamu na obrazovke počítača. Pokus pozostáva s vytvorenia sady virtuálnych vzoriek na troch maticových snímačoch a jednom lineárnom snímači pre zistenie variability meraní. Boli vybrané digitálne snímače Nikon D40, Nikon D70, Canon EOS400, mobilný telefón iPhone 4S a skener HP scanjet 5530. Výsledkom tohto snímania je získanie digitálneho záznamu, analyzovateľného na monitore počítača. Následné prevedenie kalorimetrickej analýzy výskytu jednotlivých odtieňov v systéme CIELAB na dvoch historických textíliách a to konkrétne tapisérii a jednej maľbe. Experiment bol prevádzaný s vybavením a za spolupráce s Katedrou textilnej chémie na Technickej univerzite v Liberci.

9.2 Použité zariadenia a materiály

9.2.1 Snímacie zariadenia

Použitie troch digitálnych zrkadloviek od dvoch firiem, a to firma Nikon a Canon, v oboch prípadoch ide o japonskú firmu. Optická firma Nikon bola založená v roku 1917, pričom výrobca Canon v roku 1937. Doplnené snímačom iPhone 4S od firmy Apple. Parametre skúšaných zariadení a samotné zariadenia sú uvedené v Tabuľke 1, Obrázok 35-37.

Tabuľka 1 Parametre skúšaných zariadení.

Požítý systém	Rozlíšenie (MPx)	Max.rozlíšenie (bodov)	Snímač	Rozmery (mm)	Rok uved. na trh
Nikon D40	6	3008 x 2000	CCD	126x64 x 94	2006
Nikon D70	6	3008 x 2000	CMOS	140x111x 78	2004
CanonEOS400	10.1	3888 x 2592	CMOS	127x94 x 65	2010
iPhone 4S	8	3 264 × 2 448	BC CMOS	115 x 59 x 9	2011



Obrázok 35 Nikon D40



Obrázok 36 Nikon D70



Obrázok 37 Canon EOS 400D

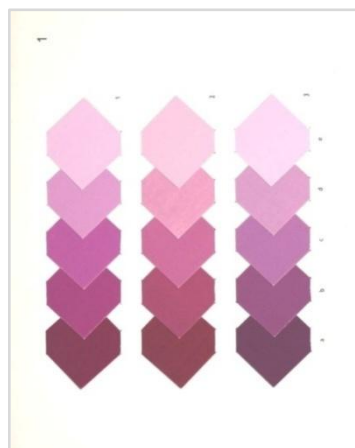
Lineárny snímač HP (Hewlett Packard) scanjet 5530, s hardwarovým rozlíšením 2 400 x 4 800 dpi, ktorý bol vopred skalibrovaný, Obrázok 38.



Obrázok 38 HP Skener.

9.2.2 Snímané materiály

“Katalog barev pro vnitřní prostory“ od PhDr. Jozefa Hejzlara (Úbok Praha), zapožičaný s Katedry designu (KDE). Jedná sa o sadu 50 kariet, z ktorej každá pozostáva z 15 štvorcov o rozmere približne 2,5 x 2,5 cm. Každá karta obsahuje tri stĺpce definovanej farby, ktorá je odstupňovaná od najtmavšieho odtieňu po najsvetlejší (a-e). Jednotlivé farebné štvorce sú ručne maľované anglickým temperovým nánosom farby na tvrdej papierovej podložke, ilustračná schéma farebnej karty je na Obrázku 39.



Obrázok 39 Ukážková Hejzlarovej karty.

Použitie ColorCheckeru za účelom dosiahnutia vernejšej reprodukcie farieb. Vhodné pre kalibráciu reprodukčných zariadení, ako sú kamery, skenery, monitory a podobne. ColorChecker poskytuje technológiu založenú na Munsellových farebných štandardoch. Jedná sa o sadu kontrolných tabuliek od firmy GretagMacbeth, Obrázok 40. Farebná tabuľka obsahuje 24 políčok, s usporiadaním 6 x 4, ktorý má rozmery približne 280 x 216 mm.



Obrázok 40 ColorChecker GretagMacbeth

Tapiséria 1

Ide o najstaršiu tapisériu v Čechách z roku 1520 utkanú vo valónskej dielni. Zobrazuje vojenskú výpravu, Obrázok 41. Pred päťsto rokmi použili na tapisériu tvorcovia rastlinné farbivá a materiál vlnu a hodváb. V roku 1911 bola tapiséria zreštaurovaná vo Vratislaviciach pri Liberci. Vtedy použili pre reštaurátorský zásah nové syntetické farbivá, čo bol základný problém. V porovnaní s pôvodnými farbami rýchlo stratili svoju farebnosť a vytvorili sa výrazné „fľaky“, ktoré pôsobili rušivo. Detaily na Obrázku 42 poukazujú na nesprávne zvolenie zásahu.



Obrázok 41 Tapiséria vojenskej výpravy.



Obrázok 42 Detaily fľakov.

Znovu zreštaurovanie tapisérie v dielňach Národnej galérie v roku 1971. Pri tej príležitosti sa ukázalo, že tapiséria bola zložená s niekoľkých rôznych častí, vzájomne nesúvisiacich. Pri pohľade na hlavu belasého koňa bolo zistené, že sa už nejedná o gotickú kompozíciu ale ide len o dosadenie. Spôsob prevedenia a použité materiáli fragmentov nasvedčujú tomu, že sa jedná o súčasť jedného kusu alebo aspoň o jednu sériu. Pričom sa dostávame k značnej nelogickosti v určitých častiach tapisérie, ako napríklad neprimeraný počet nôh koní. Vplyvom spojenia niekoľkých nesúvisiacich fragmentov v jeden celok dochádza v terajšej kompozícii diela ku kurióznym skresleniam. Spomínané dielo je umiestnené v Severočeskom múzeu v Liberci [33].



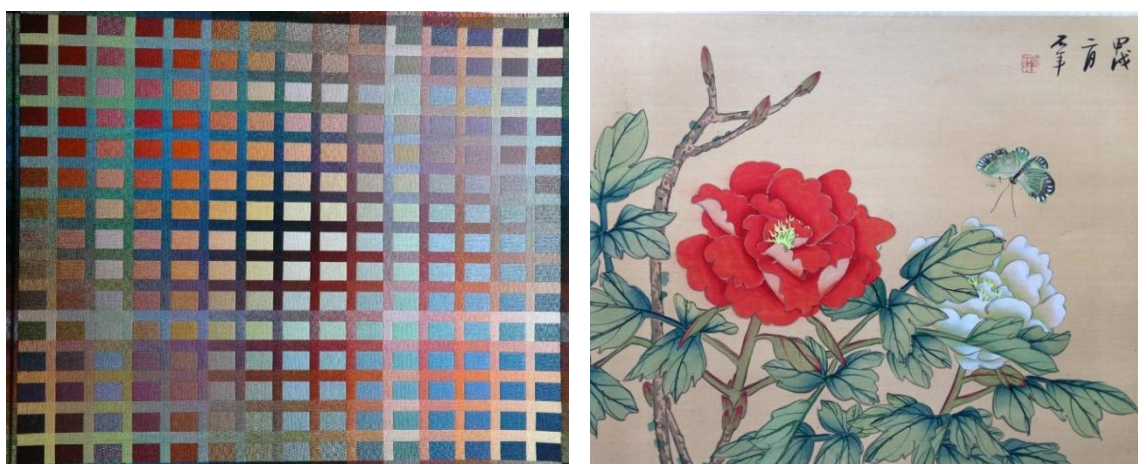
Obrázok 43 Detaily väzby po reštaurovaní.

Tapiséria 2

Jedná sa o novodobú tapisériu, ktorá je umiestnená vo foyeru College of Textiles na NC State University v Raleigh, hlavnom meste Severnej Karolíny, Obrázok 44.

Maľba

Japonska historická maľba na hodvábe, zapožičaná rodinou Vikových. Približná doba vzniku okolo roku 1800, zobrazenie na Obrázku 45.



Obrázok 43 Tapiséria 2.

Obrázok 44 Maľba.

9.2.3 Zariadenia na snímanie kolorimetrických parametrov

Na získanie kolorimetrických parametrov použitie zariadenia spektrokolorimeter Datacolor 1005. Spektrokolorimeter Datacolor 1005 s balíčka ColorVision PrintFIX PRO je určený na výrobu vlastných ICC profilov pre atramentové tlačiarne RGB. Zahŕňa Spektrokolorimeter Datacolor 1005 čo znamená hardware na čítanie plôch a samostatný software. Spektrokolorimeter 1005 na LED báze sa používa na meranie kalibračných terčov a uloží dáta do L * a * b formátu. Spektrokolorimeter je určený pre správne manuálne umiestnenie a jednoduché meranie colorcheckerov, zobrazenie. Podpora pre vysoké profily s rozlíšením 16-bitov umožňuje vernú reprodukciu aj najjemnejšie prvkov. Pripojiteľné pomocou rozhrania USB k počítaču [35].

Spektrofotometer Spectraflash SF-600 od firmy Datacolor International ktorý slúži na meranie remisných i transmisných spektier. Merací rozsah zariadenia od 360-700 nm. Ako zdroj svetla pulzná xenoxová výbojka.

Počítač iMac, jedná sa o počítač s rady All-in-One (všetko v jednom),to znamená že celá zostava počítača je zabudovaná do tela LCD displeja, model MID 2011 od firmy Apple. Počítač iMac vybavený veľkosťou uhlopriečky 21,5"(palcov) s rozlíšením 1 920 x 1 080 pixlov. Operačný systém Mac OS X Mountain Lion, verzia 10.8.2. Obsahuje vstavaný software „Digitálny merač farieb“ ktorý bol po prevedení kalibrácie ColorSync utility. DigitalColor Meter je aplikácia, ktorá je nainštalovaná s každým Mac OS X. Primárne použitie aplikácie je nájsť farbu na obrazovke a poskytnúť hodnoty tejto farby. Merací prístroj ponúka možnosť vybrať farbu z absolútne všetkého, čo je viditeľné na obrazovke. Pre zistenie informácie o farbe akéhokoľvek prvku stačí umiestniť myš nad konkrétny prvok s meracím prístrojom DigitalColor. Nástroj poskytuje okno s kurzorom, zobrazenie indikovanej farby pixelu. Ovládanie umožňuje zisťovanie farby z jedného pixelu alebo získavanie súhrnných hodnôt farieb pre skupinu pixelov. Nastavenie zobrazovania farebných hodnôt hexadecimálne, decimálne a percentuálne. Zobrazenie hodnôt farieb v rade rôznych režimov priestorov, ako napríklad natívne hodnoty sRGB, AdobeRGB, RGB, CIElab, CIE1931, CIE1976 a podobne [36].

9.2.4 Ostatné zariadenia

Pre kalibrované snímanie Colorcheckeru boli použité prežhavené fotografické žiarovky Ultraphot s teplotou chromatičnosti 3300 a 3600 Kelvinov (K).A koloristická

skriňa v achromatickej farbe (šedej). Použitie šedej pracovnej plochy pre zamedzenie zliatia podobných odtieňov na fotografii do jedného.

9.3 Vplyv osvetlenia na kolorimetrické parametre

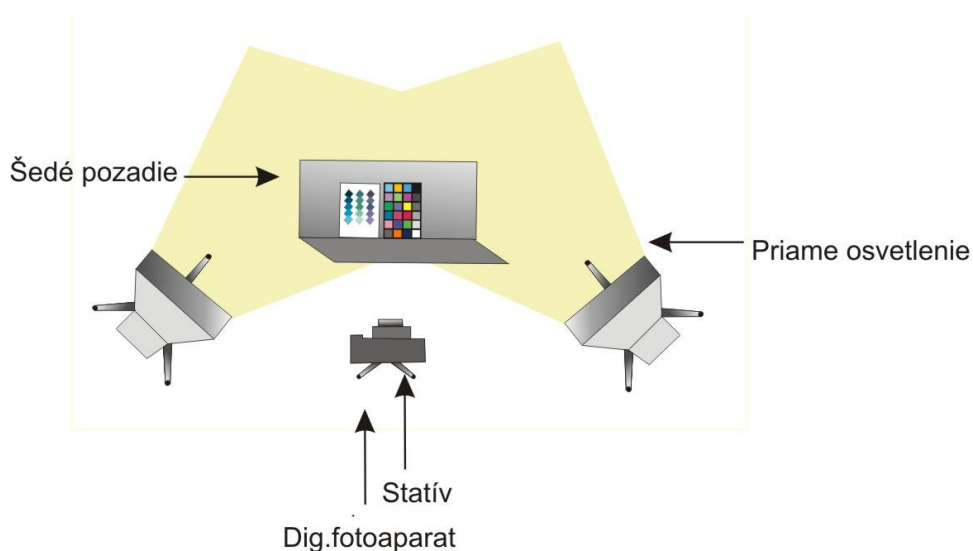
9.3.1 Postup merania

Použitie testovacieho snímania kolorimetrických predlôh zo zreteľom na rešpektovanie použitých prístrojov na Colorchecker X-Rite. Využitie programu manuálneho vyváženia bielej (MWB). Vyváženie bielej (WB) je výraz pre nastavenie farieb snímku, ktoré umožňuje verné farebné podanie pri rozdielnych svetelných podmienkach. Pojem WB sa týka elektronickej kalibrácie farebného spektra u fotoaparátov. Spektrum, ktoré prechádza cez objektív k snímaču a požíva bielu farbu ako referenčnú. Dôležitá je vzdialenosť farby zdroja svetla od bielej a akým smerom je zafarbená. Fotografovanie vo formáte RAW umožňuje dodatočnú korekciu vyváženia bielej bez straty kvality snímku, pretože takýto snímok má uložené farebné hodnoty oddelene.

Vytvorenie digitálnej sady ktorá pozostávala s 15 snímkov jednotlivými maticovými snímačmi, ktoré prebiehalo pod nastavením uvedeným v Tabuľke 2. Štúdia opakovateľnosti meraní zaznamenávala štandard colorChecker. Systém snímania obrazu je znázornený na Obrázku 46. Pozostáva z fotoaparátu upevnenom na fotografickom stojane. Vzdialenosť od okraju šošovky v zobrazovacom systéme a colorCheckerom približne 150 centimetrov. Snímkovanie prebiehalo v pracovnej ploche v koloristickej skrini GretagMacbeth. Osvetlenie za pomoci prežhavených fotografických žiaroviek vzdialených približne 100 centimetrov od zaznamenávajúceho objektu.

Tabuľka 2 Nastavenie zariadení.

Systém	ISO	Clona	Expozičný čas [s]	WB	Formát	Zaostrovanie
Nikon D40	200	F/5,6	1/20	MWB	RAW	Manuálne
Nikon D70	200	F/5,6	1/30	MWB	RAW	Manuálne
Canon EOS400	200	F/5,6	1/25	MWB	RAW	Manuálne
iPhone 4S	—	F2/4	1/20		JPG	—



Obrázok 45 Schéma snímania.

Následne korekcia vyváženia bielej (WB) a konverzia do JPG formátu na jednotlivých obrazových záznamoch prevedená v softwari ViewNX 2. Treba podotknúť, že ku konverzii z RAW formátu snímok do JPG bolo nutné vykonať po skúsenosti, ktorá ukázala automatické farebné úpravy v softwari ViewNX 2 vo formáte RAW. Prevedenie vyváženia bielej na automatické vyváženie bielej (Calculate automatic) a nastavenie žiarovkového osvetlenia (Incandescent). ViewNX 2 je sada nástrojov na spracovanie snímok od japonskej firmy Nikon. Software je plne funkčne vybavený sadou užívateľských aplikácií, dodávanou s digitálnymi fotoaparátmi Nikon. Je to softwarový balík pre import, prehliadanie, úpravy a zdieľanie snímok a videosekvencií. ViewNX 2 ponúka okrem základných funkcií aj menu často používaných nástrojov slúžiacich na zmenu veľkosti, úpravu jasú, orezania a vyrovnania snímok atď.: Aj sofistikované funkcie pre spracovanie súborov RAW, ako napríklad nástroj pre kontrast, ostrosť, expozícia, vyváženie bielej a nastavenie obrazu [32]. Vizuálna diferencia po korekcii vyváženia bielej, znázornený na Obrázku 47-49.

Ďalšie snímky boli vytvorené snímačom iPhone 4S, popis v Tabuľke 2. Využitie osvetlenia A, F11, Horizont, CWF, D65 za totožného nastavenia schémy snímania Obrázok 41, čím sa vytvorilo 5 snímok.

Lineárnym snímačom HP scanject bol zosnímaný colorChecker v adjustovanom a neadjustovanom, čiže neupravenom režime. Pred samotným meraním bola vykonaná kalibrácia zariadenia.



Obrázok 46 Zobrazovací systém Nikon D40, nastavenie WB na „Calculate automatic“ v softwari ViewNX2.



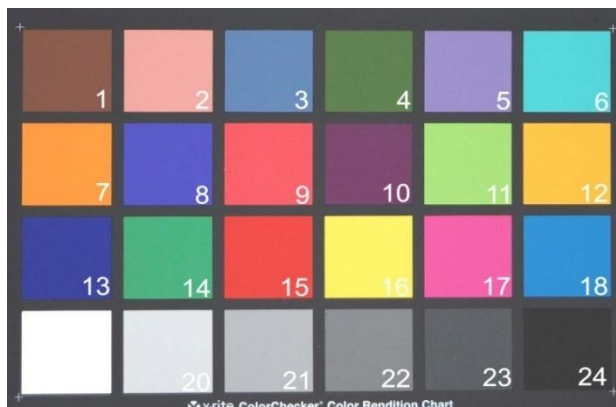
Obrázok 47 Originálne dáta s Nikonu D40, neadjustovaný.



Obrázok 48 Zobrazovací systém Nikon D40, nastavenie WB na „Incandescent“ (žiarovka) v programe ViewNX2.

Pre získanie farebných hodnôt bol použitý vstavaný software Digitálny merač farieb od firmy Apple. Z vyhotovených snímkou snímačov boli namerané lokálne kolorimetrické parametre. Čo predstavuje 2880 nameraní s maticových snímačov, 120 meraní zo snímaču iPhone a s lineárneho senzoru 48 zmeraní. DigitalColor Meter je aplikácia, ktorá je nainštalovaná v každom Mac OS X. Primárne použitie aplikácie je nájsť farbu na obrazovke a poskytnúť hodnoty tejto farby. Merací prístroj ponúka možnosť vybrať farbu z absolútne všetkého, čo je viditeľné na obrazovke. Pre zistenie informácie o farbe akéhokoľvek prvku stačí umiestniť myš nad konkrétny prvok s meracím prístrojom DigitalColor. Nástroj poskytuje okno s kurzorom, zobrazenie indikovanej farby pixelu. Ovládanie umožňuje získavanie súhrnných hodnôt farieb pre skupinu pixelov, ktoré bolo použité alebo zisťovanie farby z jedného pixelu. Zobrazenie hodnôt farieb v rade rôznych režimov priestorov, ako napríklad nami využitý priestor CIELAB alebo iné ako natívne hodnoty, sRGB, AdobeRGB, RGB, CIE1931, CIE1976

a podobne. Meranie kolorimetrických parametrov štandardu pomocou softwaru prebiehalo chronologicky podľa zobrazenej schémy Obrázok 50.



Obrázok 49 Schéma merania.

9.3.2 Hodnotenie

V experimente sa jednalo o robustné spracovanie dát, ktoré malo poukázať na spôsob merania kolorimetrických hodnôt. Na spracovanie a vyhodnotenie nameraných dát bol použitý program Microsoft Excel. Pre štúdiu opakovateľnosti meraní pri odlišnom nastavení osvetlenia sa zo získaných $L^*a^*b^*$ hodnôt vypočítal aritmetický priemer (AVG) a smerodajná odchýlka (STDEV).

- Vplyv osvetlenia na kolorimetricke hodnoty s digitálnym senzorom Nikon D40. Vypočítané hodnoty AVG a STDEV sa nachádzajú v Tabuľke 4-5, namerané dáta snímok sú uložené na digitálnom nosiči CD, ktoré je súčasťou tejto práce. Grafické znázornenie týchto hodnôt v $L^*a^*b^*$ priestore je na Grafe 1. Grafe 2 zaznamenáva posun jednotlivých typov osvetlenia. Od osvetlenia s manuálnym WB označený RAW k žiarovkovému osvetleniu (Incan.) a automatickému nastaveniu osvetlenia.

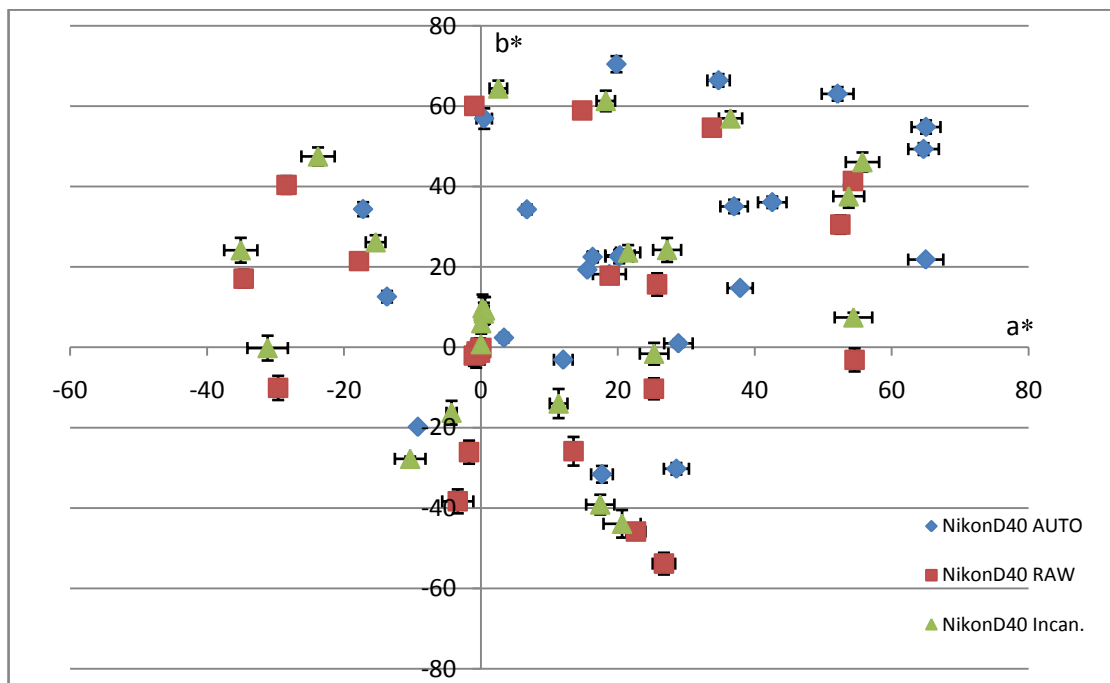
Tabuľka 3 Hodnoty AVG a STDEV v osvetlení AUTO a MWB Nikon D40.

AUTO						RAW						
AVG	AVG	AVG	STDEV	STDEV	STDEV	AVG	AVG	AVG	STDEV	STDEV	STDEV	
L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	
26,835	36,962	35,044	0,688	2,002	1,672	19,43	18,797	17,813	0,584	0,998	1,967	1.
53,688	42,542	36,085	1,34	2,08	1,415	49,852	25,721	15,632	0,459	0,557	2,784	2.
35,101	12,019	-3,098	0,869	1,363	0,284	31,364	-1,747	-26,1	0,366	0,845	2,871	3.
28,881	6,7127	34,292	0,859	0,267	1,189	25,113	-17,81	21,437	0,398	0,702	1,562	4.
41,563	28,835	0,9833	1,918	2,076	0,911	36,315	13,519	-25,87	0,515	0,631	3,567	5.
54,395	-13,72	12,586	2,074	0,224	1,423	52,077	-29,63	-10,11	0,364	0,86	3,005	6.
52,348	52,086	63,067	0,973	2,323	1,685	48,577	33,727	54,646	0,7	0,872	0,91	7.
23,029	28,542	-30,227	0,9	1,831	1,432	19,363	26,72	-53,84	0,259	1,642	2,707	8.
44,44	64,637	49,331	1,306	2,231	1,456	38,812	52,487	30,546	0,49	0,579	2,285	9.
21,811	37,851	14,739	0,99	1,84	0,782	14,417	25,257	-10,32	0,551	0,382	2,609	10.
60,915	0,472	56,913	2,536	1,124	2,549	57,231	-28,4	40,391	0,512	1,21	2,205	11.
58,997	34,696	66,419	2,29	1,632	1,562	56,203	14,788	58,924	0,482	0,955	1,033	12.
10,257	17,669	-31,598	0,442	1,585	2,071	9,646	22,631	-45,86	0,236	1,388	1,732	13.
42,693	-17,21	34,368	1,014	0,21	1,736	40,553	-34,66	17,086	0,437	0,471	2,233	14.
42,044	64,996	54,812	1,509	2,111	1,65	35,525	54,329	41,364	0,574	0,694	1,694	15.
69,285	19,788	70,449	2,439	0,185	1,995	66,914	-0,976	60,063	0,469	0,924	1,478	16.
44,364	64,959	21,835	1,775	2,561	0,728	38,889	54,567	-3,143	0,545	0,204	2,866	17.
32,615	-9,208	-19,797	1,676	0,283	0,506	32,301	-3,39	-38,33	0,398	2,271	2,975	18.
74,689	15,543	19,287	2,387	0,458	0,327	71,807	-0,128	-0,43	0,541	0,215	2,654	19.
65,964	16,315	22,48	2,485	0,74	1,359	62,785	-0,629	-1,058	0,628	0,373	3,191	20.
54,819	20,18	22,545	2,213	2	1,636	50,431	-0,707	-1,773	0,73	0,38	3,3	21.
38,422	20,287	22,892	1,898	2,142	1,472	33,723	-0,156	-1,347	0,586	0,408	2,916	22.
21,511	18,751	18,193	1,506	2,4	1,602	16,451	-1,045	-2,071	0,569	0,441	2,545	23.
5,3167	3,364	2,3753	6,948	0,61	0,193	2,7253	0,0573	-0,175	0,047	0,034	0,312	24.

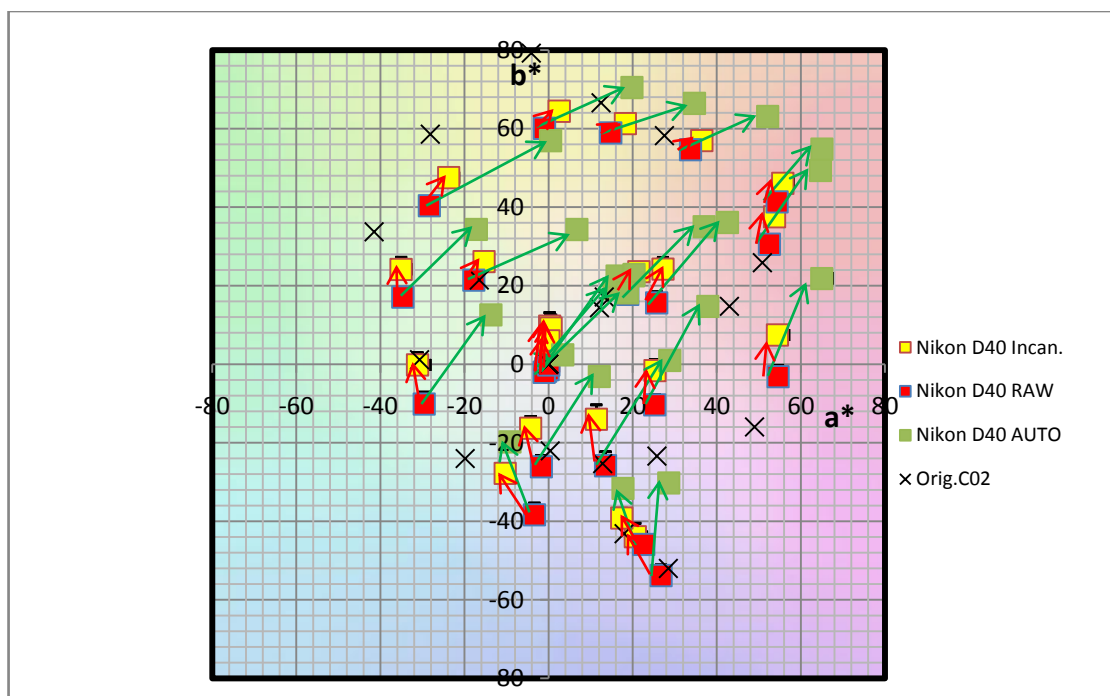
Tabuľka 4 Hodnoty AVG a STDEV v osvetlení Incandescent Nikon D40.

INCAN.						
AVG	AVG	AVG	STDEV	STDEV	STDEV	
L*	a*	b*	L*	a*	b*	
20,688	21,488	23,605	0,6385	1,7674	1,8278	1.
50,336	27,185	24,235	1,7709	2,0444	2,9858	2.
31,87	-4,2953	-16,275	0,2837	0,7472	2,9585	3.
25,523	-15,389	26,15	0,9237	1,439	1,7389	4.
37,184	11,338	-13,993	1,1476	1,2869	3,6238	5.
52,033	-31,16	-0,194	1,8069	2,953	3,0902	6.
49,011	36,449	56,975	2,031	1,6964	1,7492	7.
19,746	20,607	-43,923	0,499	2,7143	3,4274	8.
39,427	53,712	37,581	2,0975	2,2506	2,8515	9.
15,425	25,285	-1,602	0,7784	2,0844	2,704	10.
57,399	-23,8	47,498	2,5656	2,4308	2,2343	11.
56,129	18,227	61,301	3,0664	1,3474	2,552	12.
9,3013	17,417	-39,139	0,8826	2,061	2,4524	13.
40,645	-35,083	24,157	1,0014	2,4224	3,0851	14.
36,259	55,717	46,091	2,2019	2,4361	2,3925	15.
66,823	2,534	64,419	3,1756	1,2792	1,9435	16.
39,525	54,398	7,4293	2,3869	2,7408	1,1797	17.
32,525	-10,343	-27,757	0,9405	2,2369	0,5658	18.
72,135	0,4233	8,4213	2,5021	0,1745	2,6776	19.
63,129	0,2207	9,7253	2,5582	0,3776	3,3953	20.

51,159	0,3553	9,064	2,083	0,4073	3,4683	21.
34,331	0,592	9,1833	1,6214	0,5219	3,3276	22.
17,167	0,0413	5,99	1,0346	0,4531	2,5971	23.
2,7747	-0,0067	0,7767	0,0554	0,0508	0,3764	24.



Graf 1 Hodnoty odchýliek opakovateľnosti Nikon D40.



Graf 2 Posun vplyvom odlišného osvetlenia Nikon D40.

S Grafu 2 je zrejmé, že k najnižším odchýlkam v opakovateľnosti merania u snímača D40 dochádza pri manuálnom WB (RAW) a k najvyšším pri manuálnom osvetlení (Inc.).

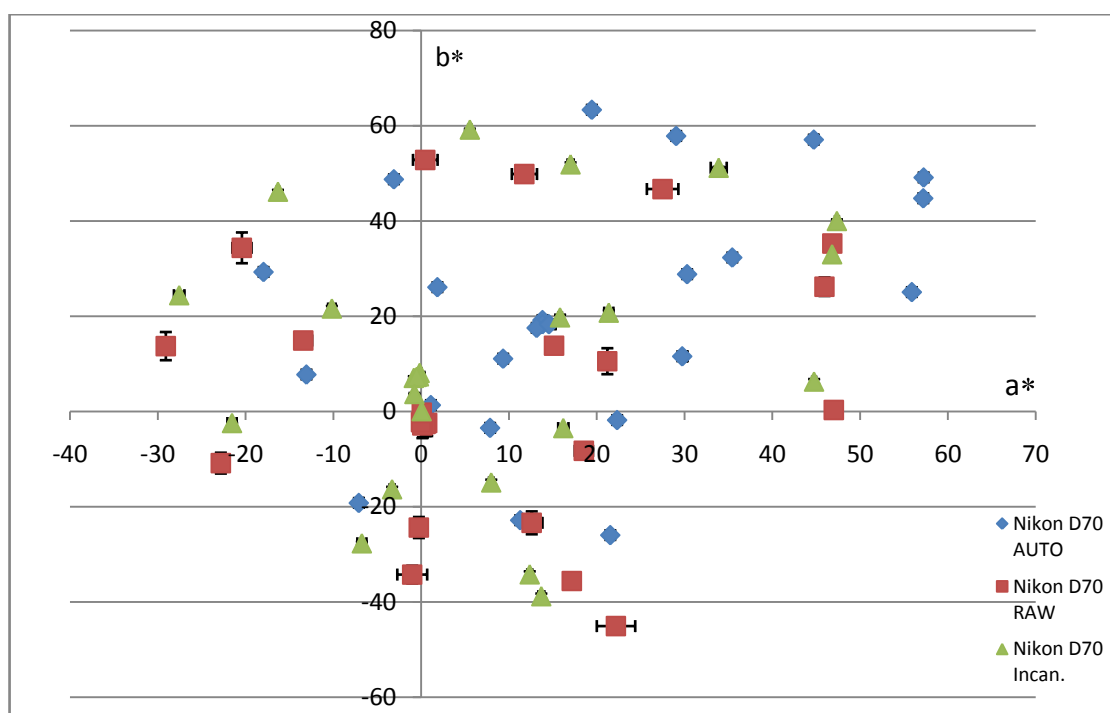
- Vplyv osvetlenia na kolorimetrické hodnoty s digitálnym senzorom Nikon D70. Tabuľka 6-7 a Graf 3 obsahuje vypočítané hodnoty AVG a STDEV zo získaných parametrov $L^*a^*b^*$ pri opakovanom meraní s 15 snímkov v troch typoch osvetlenia. Znázornenie posunu v kolorimetrických hodnotách vplyvom odlišného osvetlenia je na Grafe 4.

Tabuľka 5 Hodnoty AVG a STDEV v osvetlení AUTO a MWB Nikon D70.

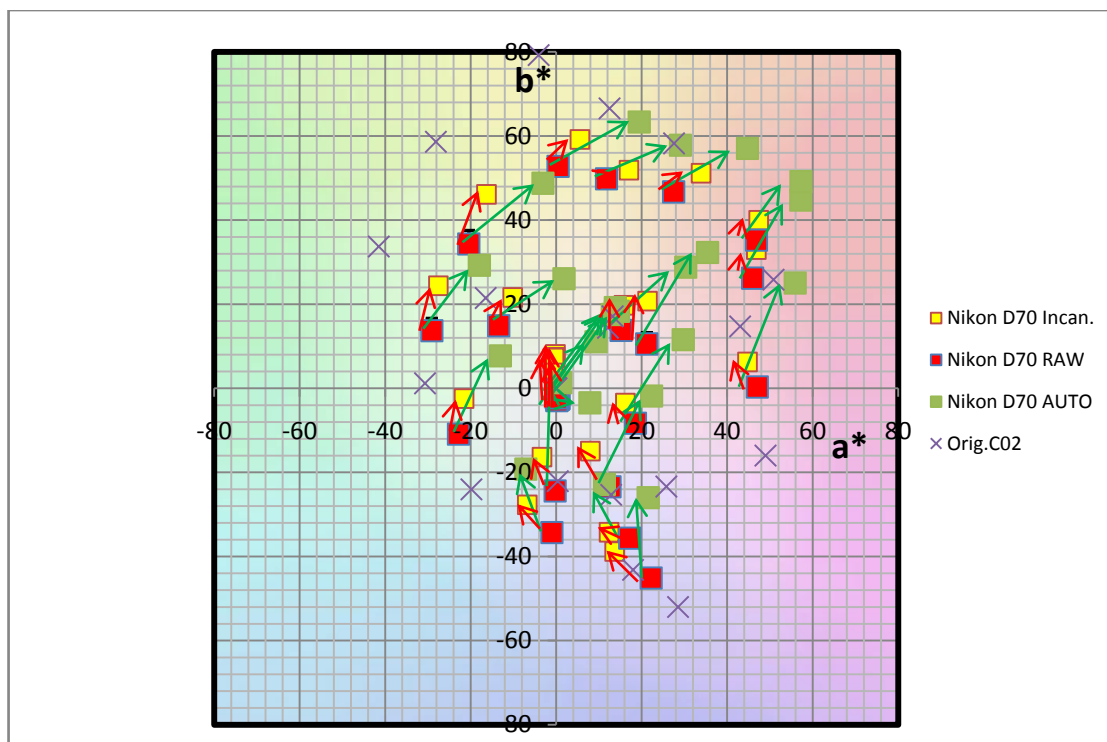
AUTO						RAW						
AVG	AVG	AVG	STDEV	STDEV	STDEV	AVG	AVG	AVG	STDEV	STDEV	STDEV	
L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	
23,363	30,286	28,820	0,449	0,197	0,299	18,214	15,141	13,801	0,941	0,337	1,485	1.
48,326	35,429	32,323	0,299	0,249	0,562	44,474	21,199	10,536	0,560	0,201	2,731	2.
30,609	7,845	-3,462	0,571	0,387	0,159	27,416	-0,266	-24,389	0,848	0,900	2,209	3.
24,129	1,841	26,091	0,747	0,385	0,441	21,800	-13,436	14,889	1,064	0,998	1,661	4.
33,855	22,314	-1,815	0,377	0,436	0,210	29,586	12,587	-23,406	0,869	1,219	2,401	5.
46,257	-13,079	7,743	0,349	0,287	0,177	44,041	-22,825	-10,869	0,469	0,373	2,187	6.
47,977	44,718	57,078	0,419	0,402	0,167	44,226	27,493	46,701	1,065	1,794	1,237	7.
18,952	21,535	-25,977	0,477	0,240	0,490	15,924	22,184	-45,091	1,221	2,187	1,706	8.
39,037	57,185	44,759	0,320	0,203	0,355	33,292	45,936	26,180	0,671	0,395	1,943	9.
17,086	29,731	11,574	0,493	0,549	0,295	11,714	18,524	-8,282	0,582	1,035	1,358	10.
51,221	-3,116	48,749	0,321	0,180	0,467	48,785	-20,429	34,347	0,677	1,094	3,234	11.
50,246	29,039	57,843	0,454	0,185	0,312	46,838	11,751	49,846	0,883	1,433	0,623	12.
8,561	11,271	-22,847	0,295	0,483	0,650	8,246	17,166	-35,623	0,238	0,215	0,945	13.
38,449	-17,960	29,285	0,405	0,414	0,500	37,157	-29,094	13,709	0,571	0,562	2,959	14.
36,147	57,227	49,133	0,251	0,160	0,271	29,949	46,834	35,265	0,627	0,292	1,330	15.
60,083	19,433	63,350	0,343	0,150	0,269	57,186	0,460	52,819	0,799	1,399	1,784	16.
37,456	55,885	25,063	0,299	0,231	0,438	31,694	47,009	0,304	0,503	0,644	1,807	17.
25,190	-7,111	-19,221	0,644	0,529	0,466	24,336	-1,027	-34,274	1,057	1,702	1,860	18.
66,061	13,811	19,181	0,281	0,152	0,144	62,701	0,681	-2,419	0,373	0,307	2,747	19.
56,800	13,814	18,315	0,315	0,162	0,218	53,539	0,504	-2,631	0,411	0,232	2,546	20.
46,642	13,147	17,543	0,338	0,254	0,318	43,335	0,197	-2,821	0,411	0,335	2,619	21.
30,396	14,548	18,309	0,603	0,754	0,374	26,746	0,130	-2,925	0,945	0,393	2,683	22.
14,833	9,329	11,081	0,627	0,264	0,524	12,333	-0,010	-2,273	0,746	0,208	1,592	23.
2,843	1,097	1,333	0,148	0,203	0,159	2,446	0,069	-0,266	0,149	0,044	0,186	24.

Tabuľka 6 Hodnoty AVG a STDEV v osvetlení Incandescent Nikon D70.

INCAN.	AVG	AVG	AVG	STDEV	STDEV	STDEV	
L*	a*	b*	L*	a*	b*		
17,140	15,813	19,755	0,595	0,204	0,544	1.	
43,288	21,363	20,741	0,324	0,520	0,526	2.	
29,651	-3,320	-16,343	0,565	0,286	0,491	3.	
20,313	-10,180	21,612	0,832	0,426	0,525	4.	
32,029	7,973	-14,907	0,467	0,252	0,562	5.	
44,926	-21,553	-2,438	0,315	0,527	0,102	6.	
40,875	33,883	51,167	0,323	0,909	0,182	7.	
20,621	13,677	-38,803	0,314	0,344	0,541	8.	
31,610	46,808	33,007	0,216	0,392	0,625	9.	
11,728	16,184	-3,497	0,404	0,586	0,166	10.	
47,371	-16,321	46,141	0,348	0,172	0,366	11.	
44,287	17,012	51,885	0,427	0,349	0,400	12.	
11,373	12,361	-34,207	0,361	0,285	0,611	13.	
36,316	-27,573	24,409	0,357	0,598	0,695	14.	
28,290	47,352	39,993	0,179	0,209	0,325	15.	
54,759	5,540	59,191	0,338	0,188	0,171	16.	
30,759	44,750	6,275	0,268	0,223	0,506	17.	
28,145	-6,763	-27,692	0,554	0,518	0,318	18.	
62,963	-0,177	8,089	0,283	0,170	0,177	19.	
53,697	-0,263	7,375	0,310	0,122	0,217	20.	
43,532	-0,845	7,039	0,309	0,152	0,332	21.	
26,746	-0,525	7,249	0,724	0,210	0,244	22.	
12,168	-0,777	3,665	0,585	0,135	0,189	23.	
2,414	0,049	0,055	0,125	0,048	0,082	24.	



Graf 3 Hodnoty odchýliek opakovateľnosti Nikon D70.



Graf 4 Posun vplyvom odlišného osvetlenia Nikon D70.

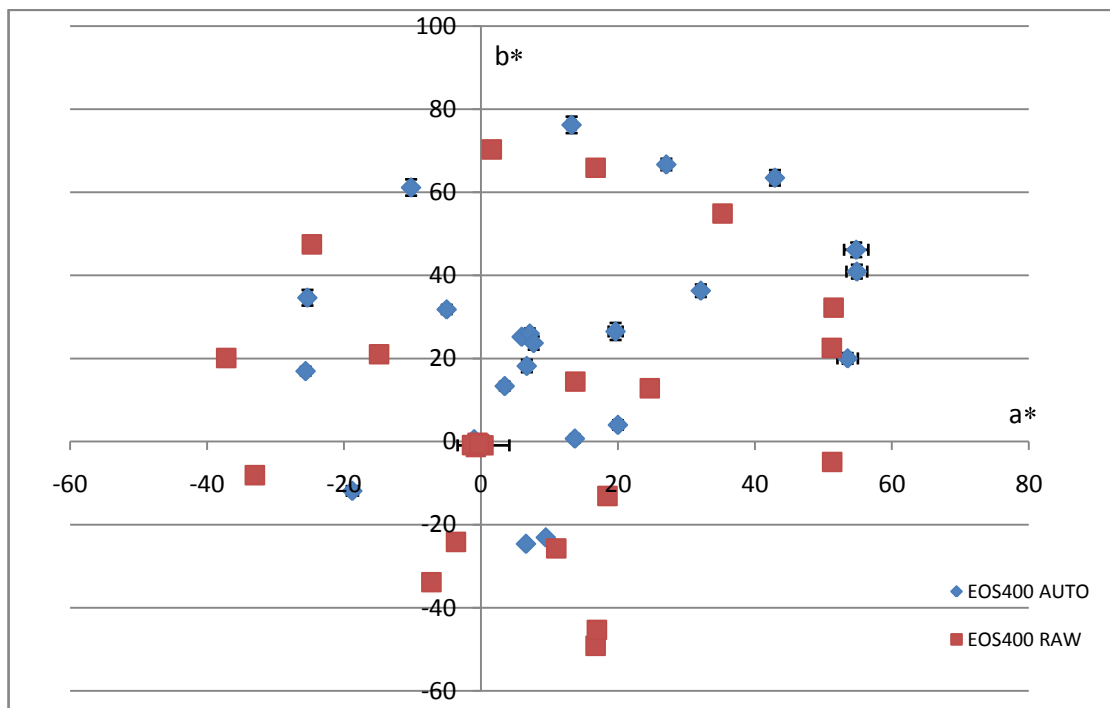
Pri snímači D70 nastávajú v žiarovkovom (Inc.) osvetlení najnižšie odchýlky a k najvyšším hodnotám dochádza u manuálneho WB (RAW), Graf 3.

- Vplyv osvetlenia na kolorimetrické hodnoty s digitálnym senzorom Canon EOS 400. Vypočítané hodnoty AVG a STDEV ktoré sú uvedené v Tabuľke 8-9 sú následne vynesené v Grafe 5. Pre znázornenie posunu z manuálneho WB (označené ako RAW) k AutoWB Graf 6.

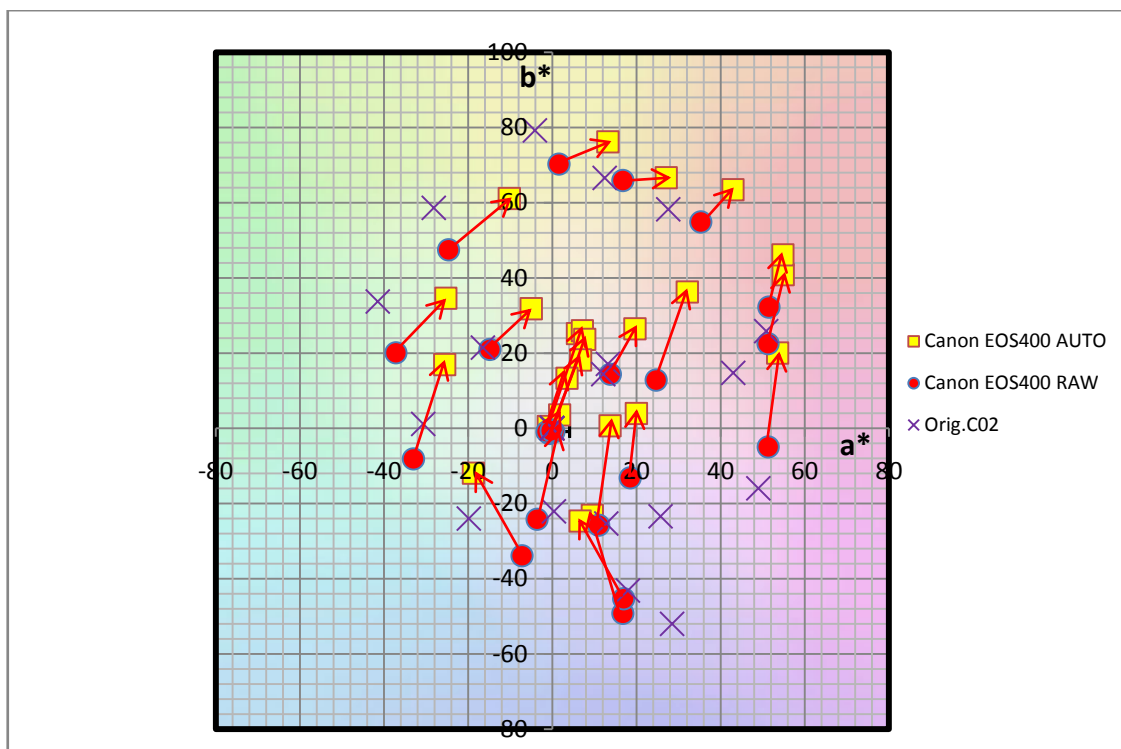
Tabuľka 7 Hodnoty AVG a STDEV v osvetlení AUTO a MWB Canon EOS400.

AUTO						RAW						
AVG	AVG	AVG	STDEV	STDEV	STDEV	AVG	AVG	AVG	STDEV	STDEV	STDEV	
L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	
23,442	19,647	26,495	1,192	1,018	2,045	24,168	13,770	14,421	0,267	0,296	0,520	1.
52,347	32,091	36,302	1,900	0,495	1,497	53,943	24,653	12,819	0,448	0,122	0,272	2.
33,134	-1,000	0,539	1,399	0,354	0,778	35,364	-3,648	-24,158	0,378	0,172	0,181	3.
27,260	-5,008	31,793	1,170	0,305	1,094	28,895	-14,879	21,011	0,332	0,299	0,545	4.
36,587	13,705	0,699	1,285	0,490	0,919	39,434	11,000	-25,728	7,231	0,183	0,198	5.
50,023	-25,607	16,950	1,189	0,473	1,011	52,026	-33,009	-8,109	0,453	0,279	0,265	6.
50,320	42,914	63,481	1,954	0,653	1,852	51,623	35,269	54,875	0,431	0,124	0,541	7.
20,292	9,461	-23,095	1,263	0,371	0,522	22,080	16,748	-49,177	0,284	0,214	0,263	8.
41,344	54,875	40,899	1,780	1,518	1,649	41,148	51,243	22,533	0,407	0,284	0,337	9.

16,605	19,993	3,995	1,082	0,657	1,021	16,861	18,477	-13,119	0,254	0,263	0,307	10.
56,002	-10,217	61,146	1,931	0,412	1,967	58,058	-24,699	47,456	0,493	0,182	0,552	11.
54,719	27,056	66,685	1,482	0,310	1,373	55,674	16,749	65,887	0,492	0,151	0,511	12.
10,177	6,571	-24,629	1,125	0,291	0,439	12,395	16,923	-45,333	0,190	0,258	0,358	13.
39,479	-25,349	34,616	2,298	0,594	1,882	42,725	-37,200	20,111	0,456	0,303	0,308	14.
36,173	54,783	46,151	2,032	1,772	1,741	35,683	51,497	32,221	0,394	0,297	0,447	15.
65,868	13,224	76,224	2,159	0,554	1,977	68,019	1,579	70,309	0,475	0,173	0,420	16.
39,525	53,529	20,010	1,713	1,490	1,274	38,809	51,279	-4,921	0,433	0,327	0,269	17.
28,316	-18,789	-11,881	1,154	0,802	0,554	31,697	-7,234	-33,854	0,382	0,342	0,305	18.
72,532	5,943	25,209	3,042	0,273	0,724	74,516	-0,493	-0,320	0,411	0,081	0,164	19.
60,071	7,118	25,981	7,567	0,265	1,226	64,433	-0,541	-0,803	0,492	0,105	0,195	20.
49,740	7,689	23,697	2,402	0,556	1,579	51,898	-0,747	-1,339	0,553	0,159	0,268	21.
32,618	6,683	18,180	1,855	0,483	1,481	34,047	0,355	-0,919	0,422	3,780	0,274	22.
18,527	3,464	13,342	1,422	0,502	1,014	19,411	-1,299	-0,870	0,285	0,363	0,360	23.
3,303	1,713	3,603	0,444	0,295	1,013	3,420	-0,247	-0,634	0,107	0,242	0,424	24.



Graf 5 Hodnoty odchýliek opakovateľnosti Canon EOS 400.



Graf 6 Posun vplyvom odlišného osvetlenia Canon EOS 400.

Tabuľka 8 obsahuje minimálne a maximálne hodnoty odchýliek kolorimetrických parametrov snímačov s predchádzajúcich Tabuliek 3-7.

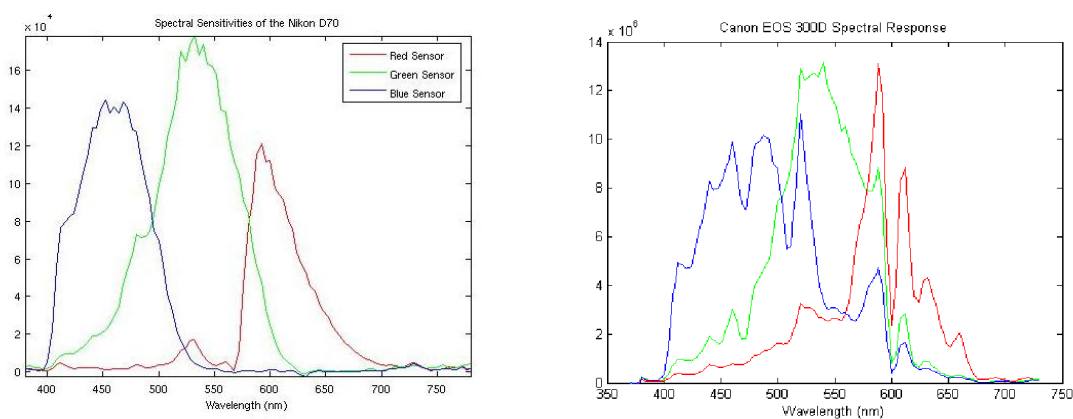
Tabuľka 8 Zrovnanie minimálnych a maximálnych hodnôt odchýliek.

D40	AUTO			RAW			INC.		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Min	0,442	0,185	0,193	0,047	0,034	0,312	0,055	0,051	0,376
Max	6,948	2,561	2,549	0,730	2,271	3,567	3,176	2,953	3,624
D70	AUTO			RAW			INC.		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Min	0,148	0,150	0,144	0,149	0,044	0,186	0,125	0,048	0,082
Max	0,747	0,754	0,650	1,221	2,187	3,234	0,832	0,909	0,695
EOS400	AUTO			RAW					
	L*	a*	b*	L*	a*	b*			
Min	0,444	0,265	0,439	0,107	0,081	0,164			
Max	7,567	1,772	2,045	7,231	3,780	0,552			

Z uvedených výsledkov v Tabuľke 8 vyplývajú medze opakovaných meraní snímačov. Najvyššia odchýlka u senzora D40 bola nameraná pri automatickom osvetlení u ďalšieho snímača D70 to predstavovalo nastavenie s MWB. Je zrejme z uvedenej tabuľky, že najlepšie výsledky vykazovali u D40 pri nastavení MWB a u snímača D70

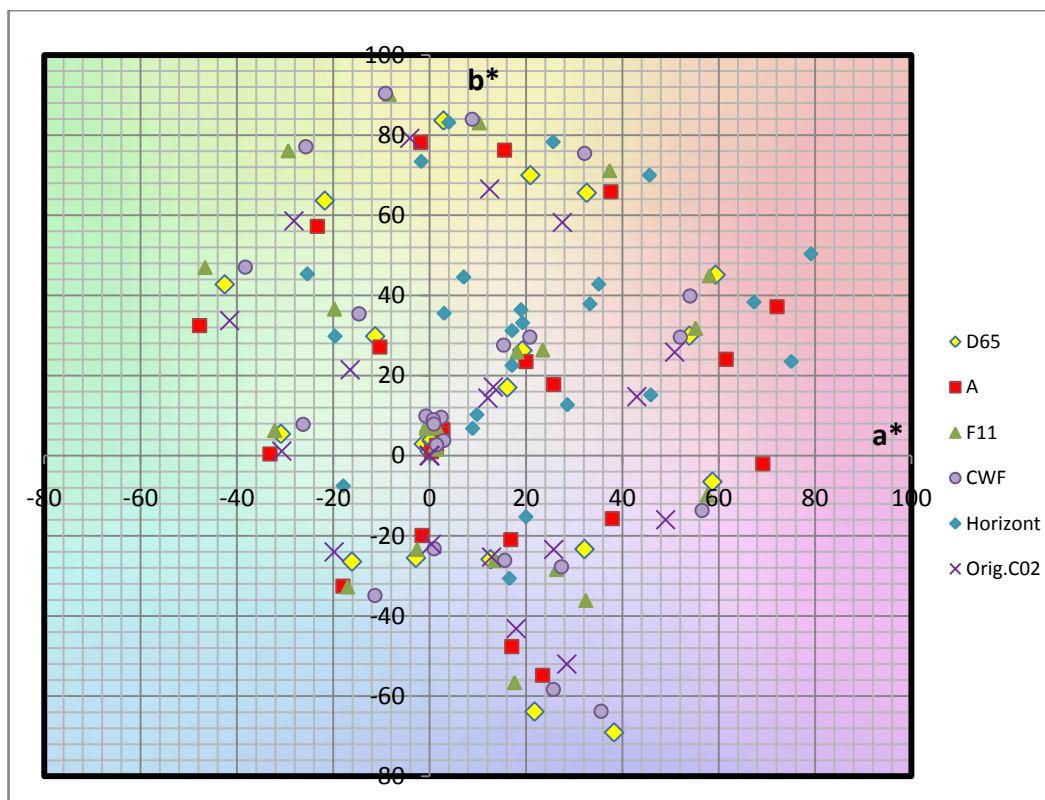
to zodpovedalo osvetleniu žiarovkovému(A).V prípade senzoru EOS400 vyšli najvýraznejšie odchýlky farebných parametrov v automatickom WB. Pri čom najnižšia diferencia v $L^*a^*b^*$ priestore bola vypočítaná pri manuálnom vyvážení bielej. Je zaujímavé, že hodnoty pri nastavení automatického osvetlenia vykazujú priemerné hodnoty v odchýlkach v senzoroach D40 a D70,senzor EOS400 sa nedá zahrnúť pretože neboli vyhodnocovane snímky v troch typoch osvetlenia.

Jednotlivé RGB kanáli pre senzory Nikon D70 a Canon EOS sú znázornené v Grafe 7. Senzitivita senzoru CCD u Nikona D40 sa dá povedať, že je nepatrne užšia z čoho sa dá predpokladať väčší gamut zobrazenia zariadenia. Vplyvom použitia rôznych typov digitálnych senzorov CCD a CMOS dochádza k rozdielnej spektrálnej citlivosti, pričom obidva systémy majú v podstate rovnaké filtre RGB.



Graf 7 Spektrálna citlivosť snímačov.

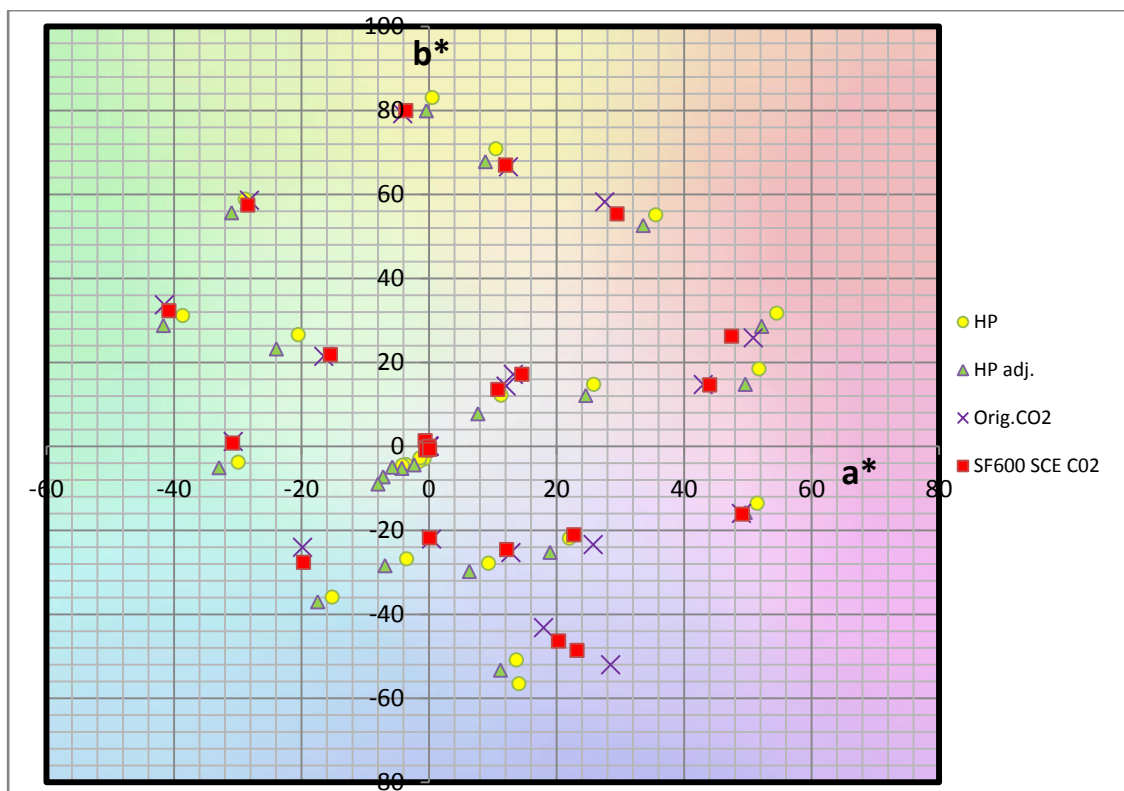
- Štúdia vplyvu osvetlenia na kolorimetrické hodnoty senzorom iPhone 4S. Zrovnanie chovania spomínaného zariadenia pri zvolení odlišného nastavenia osvetlenia. Hodnoty farebných oblastí sú umiestnené v prílohe 1.



Graf 8 Snímač iPhone 4S.

S meraných snímok zo snímača boli vyhodnotené ako najbližšie hodnoty k originálnym dátam snímky v žiarovkovom osvetlení (A), ďalej nasledovalo osvetlenie D 65, čo predstavuje denné svetlo. Štandardné osvetlenie F11 vyšlo z testovaní s najväčšími odchýlkami.

- Vplyv osvetlenia na kolorimetrické hodnoty lineárnym senzorom HP scanject. Kolorimetrické parametre neadjustovanej a adjustovanej snímky získané lineárnym snímačom sú pozorované s originálnymi dátami colorCheckeru a hodnotami zo zariadenia Spectraflash SH-600 pre zobrazenie odlišností oproti originálnym hodnotám, Graf 9. Namerané farebné hodnoty sa nachádzajú v prílohe 1

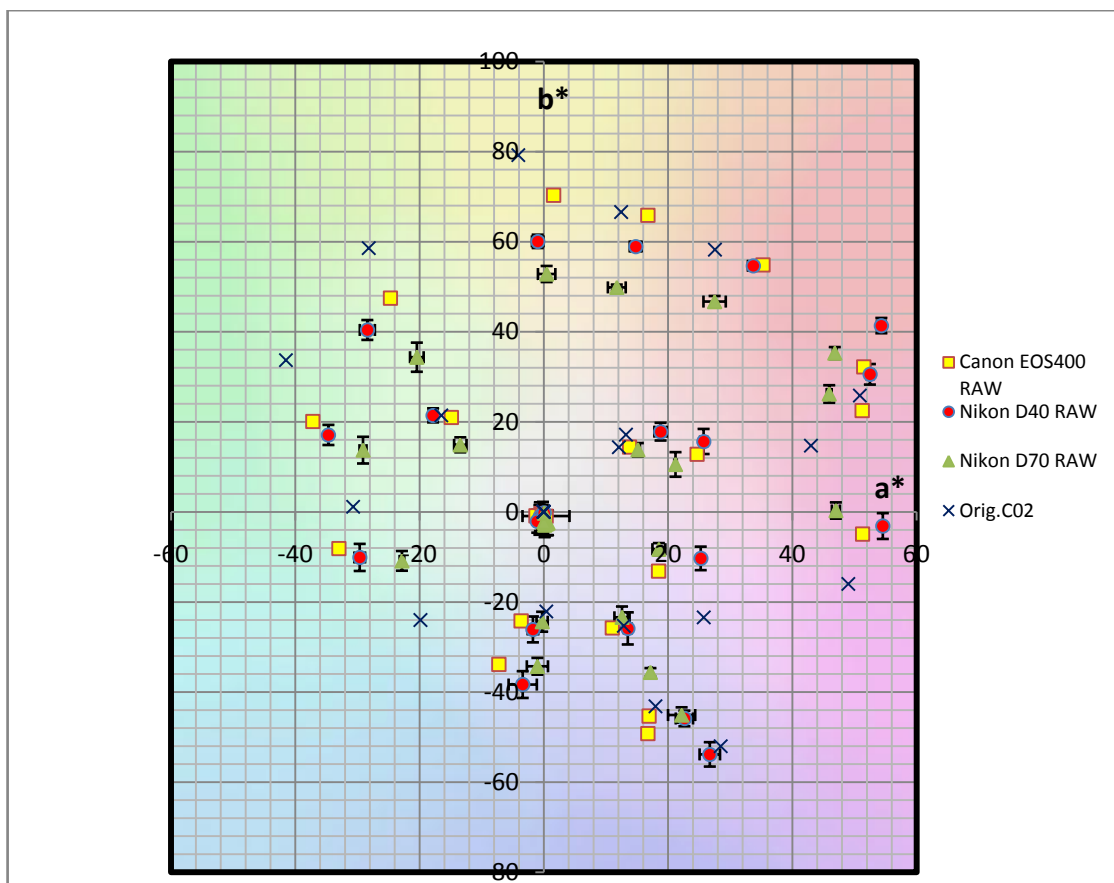


Graf 9 Snímač HP.

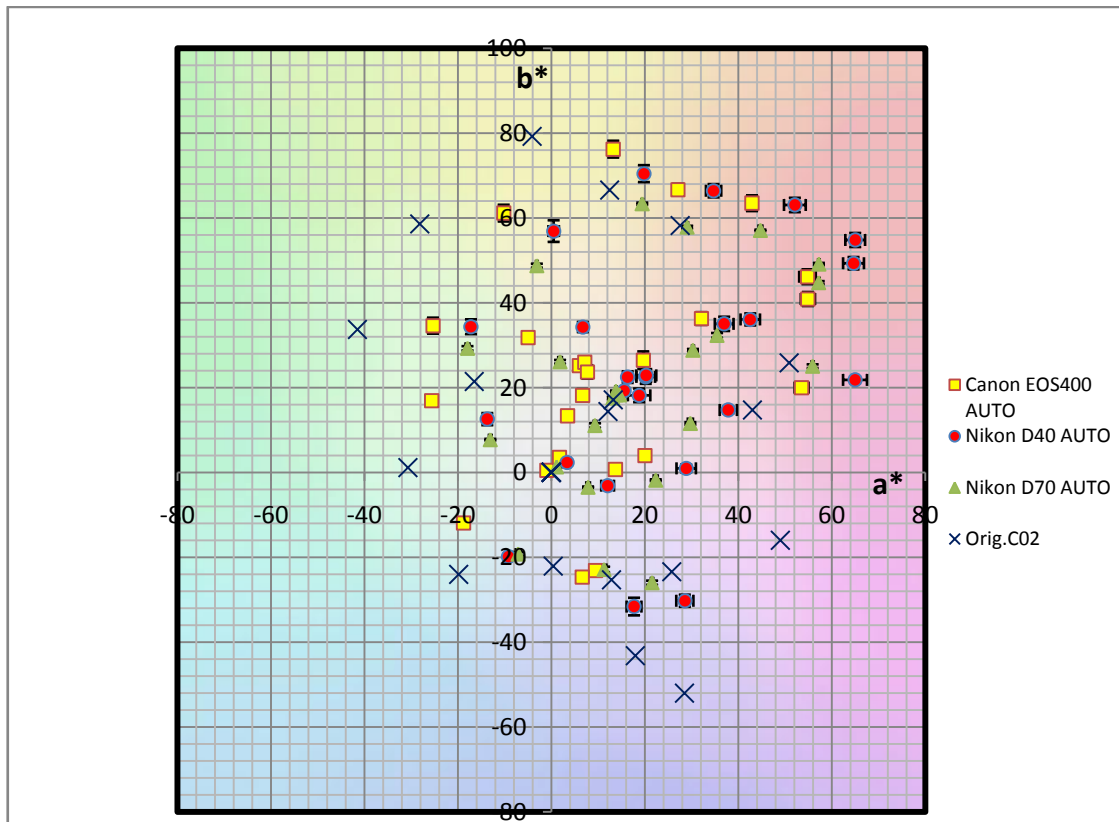
Z Grafu 9 je možné pozorovať lepšie výsledky u neadjustovanom zosnímanom štandarde (HP). Vynesené hodnoty zo zariadenia Spectraflash v štandardnom osvetlení C vykazujú veľmi blízke hodnoty k originálnym, čo bolo očakávané, aj keď došlo v niektorých hodnotách k odchýlke.

9.3.3 Porovnanie

Porovnanie kolorimetrických parametrov u jednotlivých snímačov. Graf 10 zobrazuje testovanie troch snímačov pri osvetlení s manuálnym WB, s označením RAW. V Grafoch 10-12 sú doplnené aj originálne $L^*a^*b^*$ hodnoty colorCheckeru. Grafické znázornenie hodnôt farebných odchýliek v nastavení AWB je znázornené v Grafe 11.

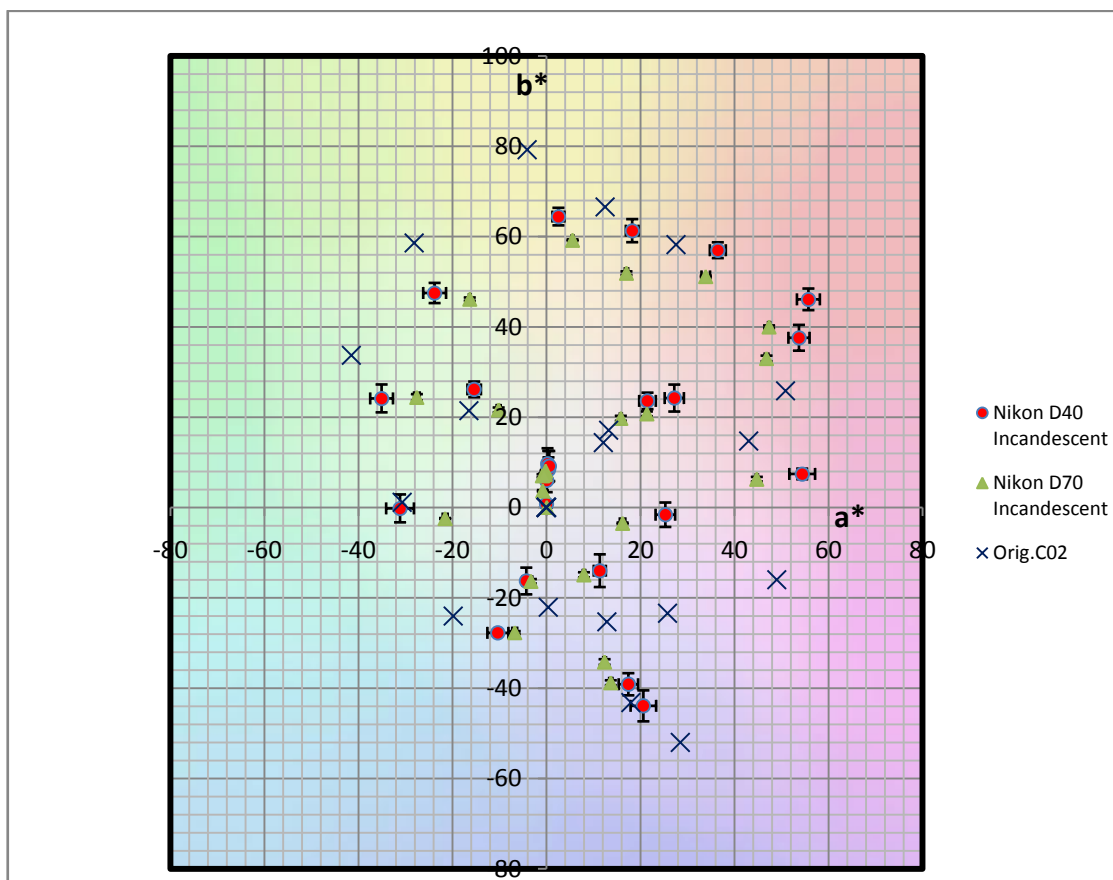


Graf 10 Porovnanie snímačov v manuálnom WB osvetlení.



Graf 11 Porovnanie snímačov v automatickom osvetlení.

Graf 12 obsahuje porovnanie jednotlivých maticových snímačov v nastavení žiarovkového osvetlenia (Incandescent).



Graf 12 Porovnanie snímáčov v osvetlení A.

Pre zhodnotenie farebnej reprodukcie boli v Grafoch 2, 4, 6, 10-12 vynesené aj hodnoty $L^*a^*b^*$ originálnych dát colorCheckeru, pri normalizovanom zdroji osvetlenia C a 2° pozorovateľovi. S ktorých vyplýva vysoká úroveň odchýlky v automatickom osvetlení (AWB). Nasledovne žiarovkové osvetlenie a prípade manuálneho vyváženia bielej išlo o najbližšie hodnoty (WB). Toto platí pri všetkých snímačoch, to znamená Canon EOS400, Nikon D40 a D70. V Grafoch 10-12 môžeme pozorovať chovanie snímačov pri jednotlivých typoch zdroja osvetlenia s ktorých dokumentujeme skutočnosť, že najvhodnejším maticovým snímačom na digitalizáciu zo skúmaných modelov je Canon EOS400. Nasleduje Nikon D40 a k najväčším odchýlkami dochádzalo u Nikonu D70.

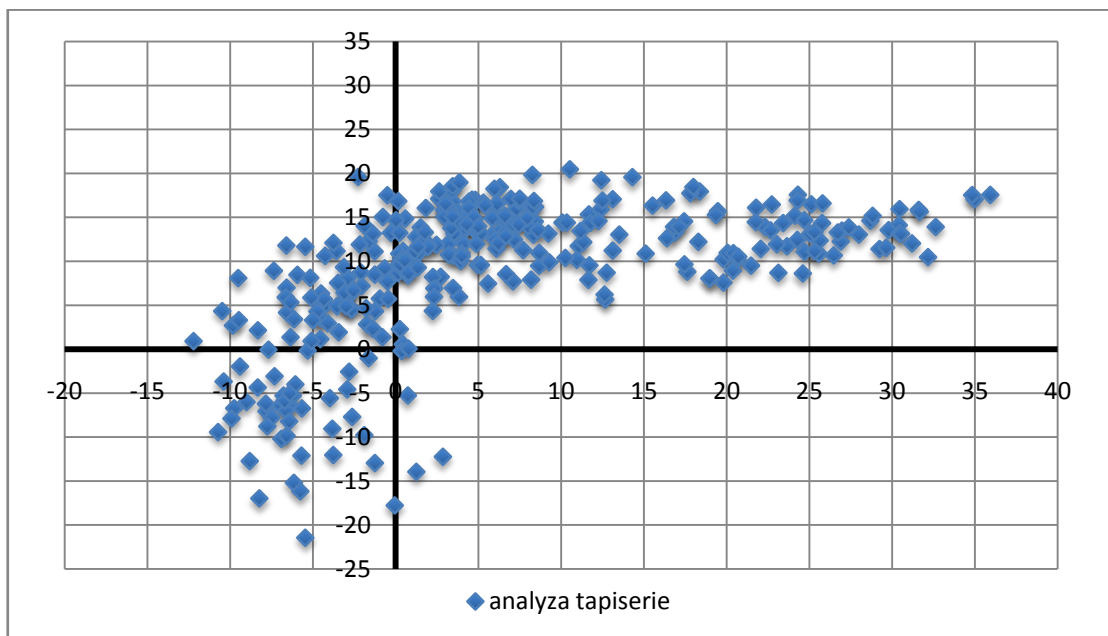
9.4 Analýza diel

Implementovanie metódy zisťovania kolorimetrických parametrov pomocou softwaru Digitálny merač farieb na troch dielach. K porovnaniu farebných oblastí boli k dispozícii dve historické diela a jedno novodobé. Schéma merania farebných oblastí je ukázaná na Obrázku 51. Meranie prebiehalo chronologicky v lokálnych oblastiach diela. Namerané $L^*a^*b^*$ hodnoty oblastí 1-21 sú umiestnené v prílohe 2 aj s podrobným grafickým znázornením. Mapa farebných oblastí je vyobrazená v Grafe 13.

9.4.1 Tapiséria 1



Obrázok 50 Schéma merania farebných oblastí v tapisérii 1.



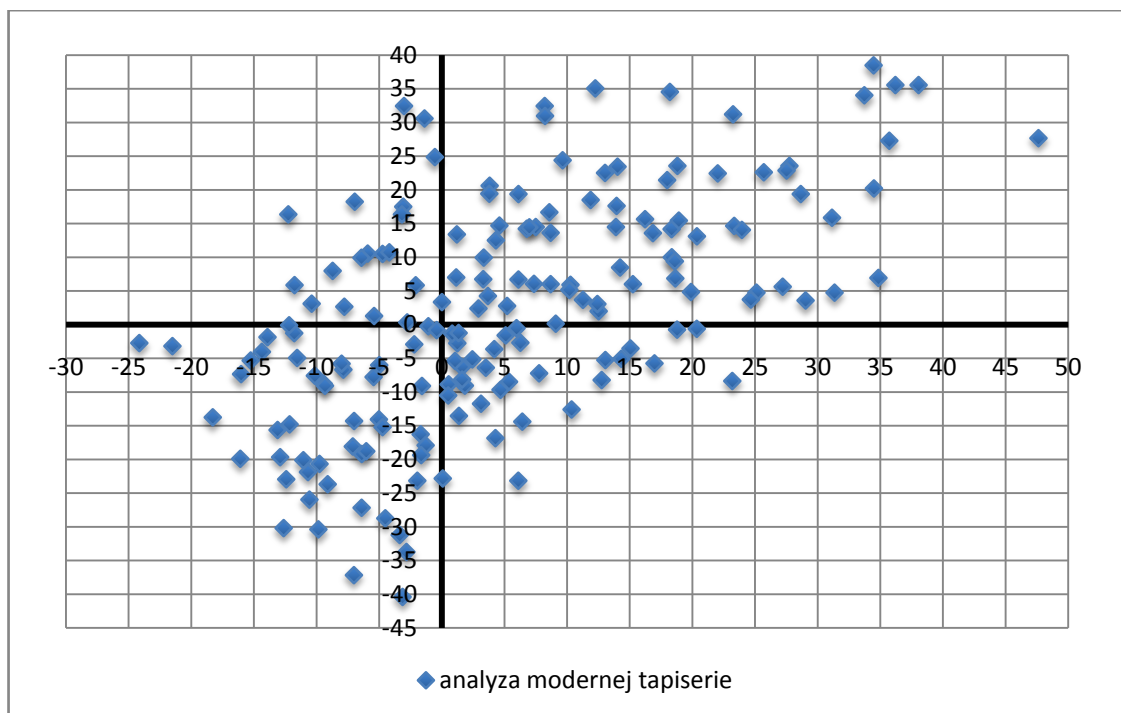
Graf 13 Mapa farebných oblastí tapisérie.

9.4.2 Tapiséria 2

Všetky dáta farebných oblastí sa nachádzajú v prílohe 2. Graf 14 zobrazuje súbor nameraných farebných dát v $L^*a^*b^*$ priestore, ktoré vyobrazujú farebnú oblasť diela. Meranie prebiehalo podľa uvedenej schémy Obrázok 52.



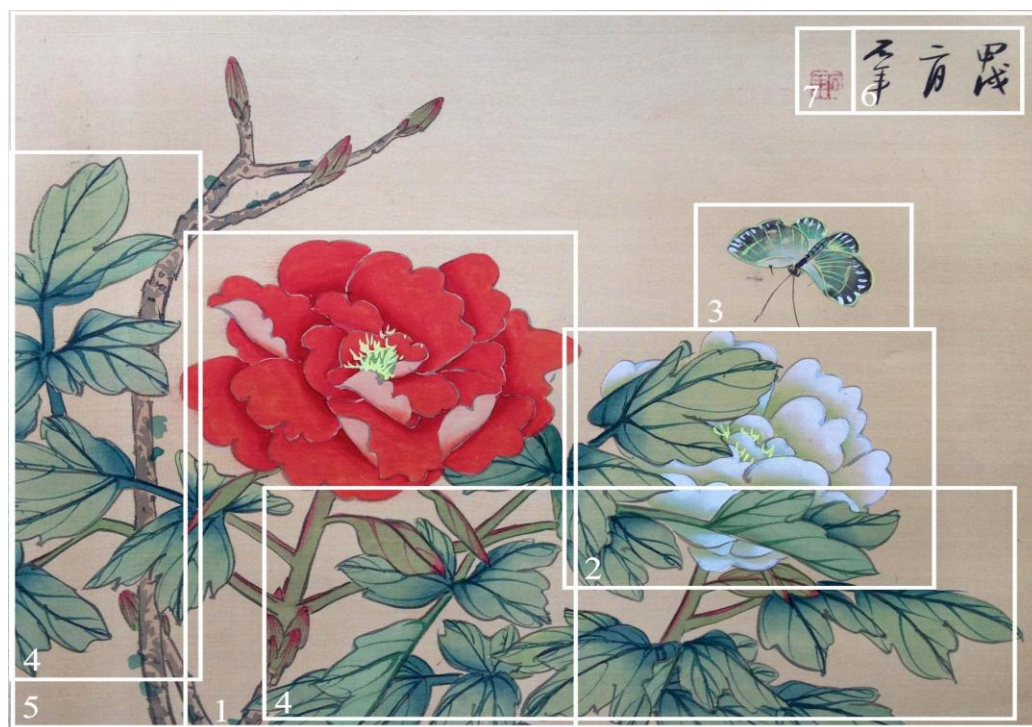
Obrázok 51 Schéma merania farebných oblastí tapisérii 2.



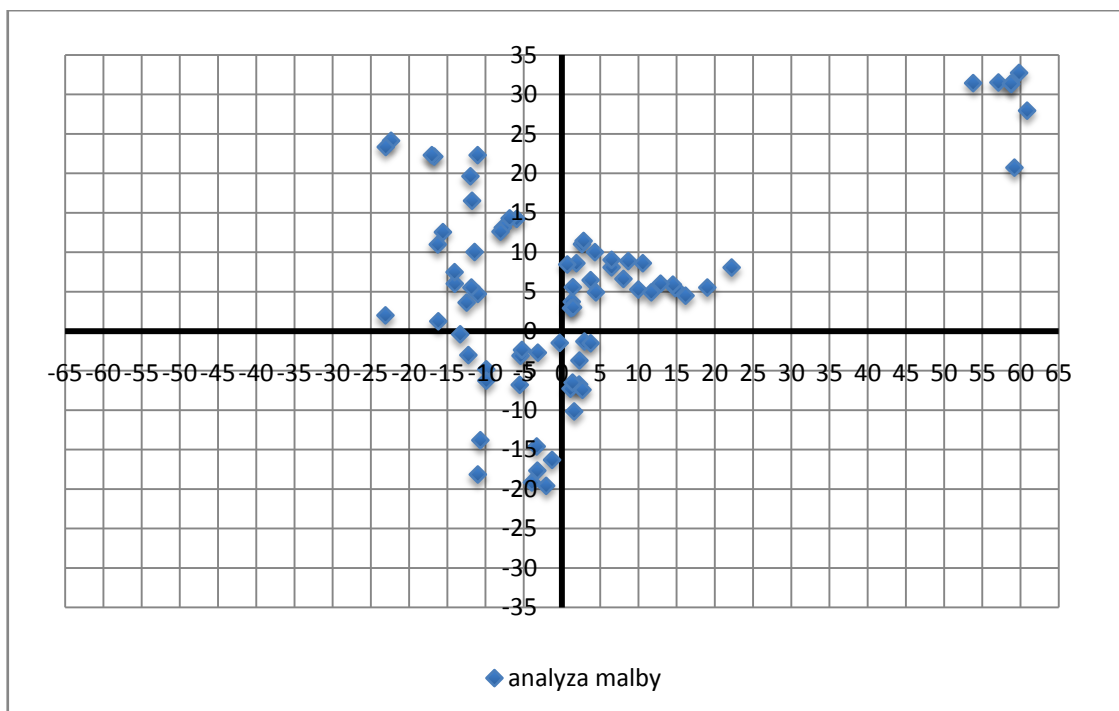
Graf 14 Mapa farebných oblastí novodobej tapisérie.

9.4.3 Maľba

Analýza lokálnych kolorimetrických hodnôt bola vykonaná postupne podľa zobrazenia Obrázok 53. Podrobné grafy a hodnoty jednotlivých oblastí diela sa nachádzajú v prílohe 2, celková analýza historickej maľby je v Grafe 15.



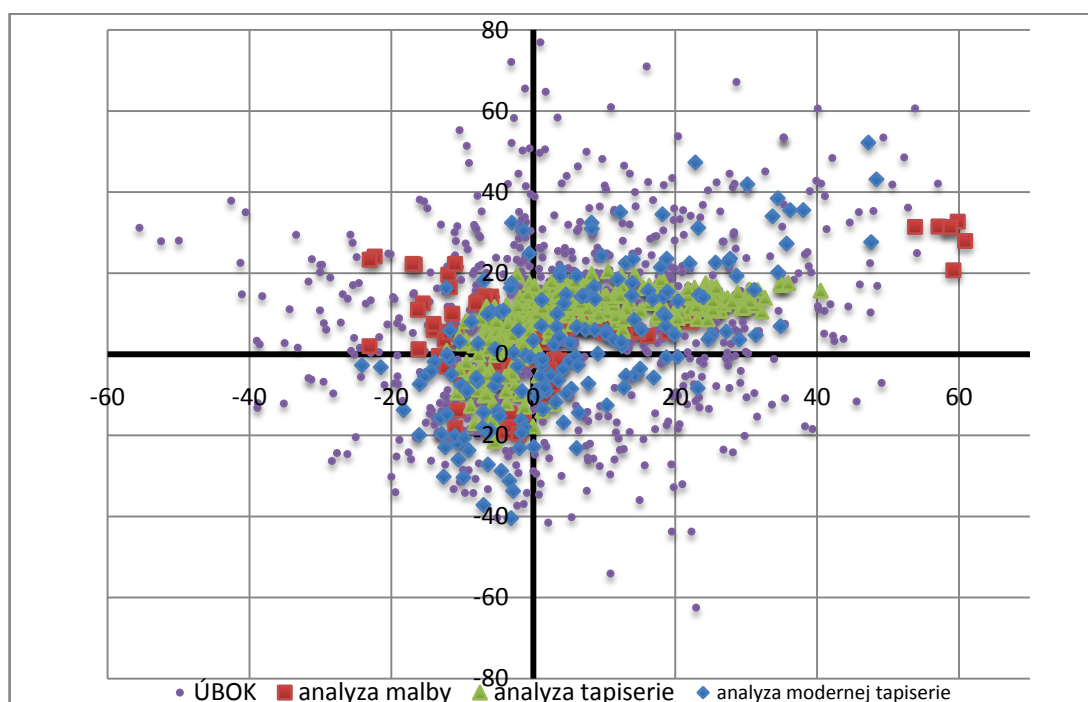
Obrázok 52 Schéma merania farebných oblastí v maľbe.



Graf 15 Mapa farebných oblastí maľby.

9.4.4 Porovnanie

Na Grafe17 môžeme pozorovať zhrnutie všetkých kolorimetrických hodnôt v jednotlivých skúmaných dielach, pri čom sa vytvorila mapa preferovaných farebných oblastí diel v priestore CIELAB. Pre zaujímavosť je graf doplnený hodnotami Hejzlarového farebného atlasu farieb.



Graf 16 Porovnanie farebných oblastí diel.

9.5 Záver

Jedným s fenoménov tejto doby je multifunkčné audiovizuálne médium nazývané internet. Internet ponúka virtuálny priestor na prezentáciu jeho užívateľom a predstavuje neodmysliteľnú platformu medzi informačnými zdrojmi k prvotnému získavaniu informácií či vzdelávaniu. Rozvoj snímacej techniky umožnil prevedenie papierových dokumentov a umeleckých diel do bezpečnej a prístupnej digitálnej podoby, tento proces nazývame digitalizácia. Za zmysel digitalizácie sa v počiatočnom štádiu považovala ochrana originálnych dokumentov a demokratizácia prístupu k nim. V ďalšej fáze sa venovala pozornosť rutinným postupom v digitalizácii. Na začiatku roku 2011 bol zahájený spoločný rozsiahly niekoľko ročný projekt Národnej knižnice ČR a spoločnosti Google, zameraný na digitalizáciu historických dokumentov z fondov knižnice. Výsledkom projektu bude digitalizácia približne 200 000 starých tlačí. Otázkou však stále zostáva akým spôsobom snímať a spracovávať digitálne obrazové dáta, ktoré majú obsahovať čo najvernejšie farebné podanie pôvodného originálu. V tejto súvislosti sú diskutabilné rôzne formáty obrazových dát ako RAW, TIFF, BMP či systémy stratovej kompresie ako JPG formát. Občasné odmietanie stratovej kompresie súvisí so slovom „stratová“, ktorá vzbudzuje obavy a nedôveru. Je nutné si ale uvedomiť, že najväčší vplyv má stratová kompresia na zaostrenie obrazu. Hlavným problémom zostáva otázka kalibrácie farebného podania digitálnych snímačov. Požiadavky na kalibráciu ešte ďalej komplikuje otázka, čo je tým správnym digitálnym obrazom, ktorý má byť archivovaný. Obecne sa dá povedať, že rozdiely medzi kalibrovaným a nekalibrovaným obrazom sú obvykle číselne výrazne väčšie ako vyššie naznačené stratové zmeny spôsobené kompresiou. Pritom poskytovanie obrazov v definovanom ICC profile v oblasti digitalizácie pre archiváciu je stále skôr svetlou výnimkou. V neposlednej rade hrá svoju rolu aj konkrétna snímacie technika.

Ako už bolo v úvode práce napísané, hlavným cieľom tejto Diplomovej práce bolo zistiť vplyv nastavenia osvetlenia senzorov na zmenu kolorimetrických parametrov v priestore CIELAB. Pri zisťovaní vplyvu osvetlenia na kolorimetrické parametre pri použití softwaru digitálny merač farieb vyšiel rovnako u všetkých troch snímačov najbližší výsledok k originálnym dátam snímky pri manuálnom vyvážení bielej (MWB) a najväčšie odchýlky vznikli pri automatickom WB. Čo je spôsobené konštrukciou snímačov.

Najlepšie výsledky s hľadiska reprodukcie farieb na digitalizáciu dosiahol jednoznačne snímač Canon EOS 400, ktorý vyšiel ako snímač s najbližšou farebnou reprodukciou snímok v nastavení osvetlenia MWB a AWB. Nasledoval Nikon D40 ktorý javil najlepšie výsledky pri snímkach v žiarovkovom osvetlení a snímač Nikon D70 u ktorého boli vyhodnotené najvýraznejšie odchýlky. S meraných snímok zo snímača iPhone 4S boli vyhodnotené snímky v žiarovkovom osvetlení (A) ako najbližšie hodnoty k originálnym dátam, ďalej nasledovalo osvetlenie D 65, čo predstavuje denné svetlo. Štandardné osvetlenie F11 vyšlo z testovaní s najväčšími odchýlkami

Opakovateľnosť meraní bola vyjadrená aritmetickým priemerom jednotlivých meraní pri rovnakých podmienkach a z nej bola následne vyhodnotená smerodajná odchýlka. Zistenie rozptylu čiže minimálnych a maximálnych hodnôt ktoré viedlo k týmto výsledkom. K najnižším vyhodnoteným odchýlkam v meraní senzoru Nikon D40 a Canon EOS400 bolo dosiahnuté v manuálnom nastavení osvetlenia a opačne k najvyšším hodnotám v snímkach vytvorených v automatickom osvetlení. Tretí senzor Nikon D70 dosahoval najvyššie odchýlky meraní v MWB a minimálne hodnoty odchýliek v žiarovkovom osvetlení.

Prišli sme k záveru, že tapiséria 1 ,ktorá bola tiež predmetom skúmania vykazuje veľmi úzku farebnú oblasť pri porovnaní s modernou tapisériou, ktorá vykazuje znaky nehomogenity. Dá sa predpokladať závislosť, že čím je veľkosť nameranej oblasti menšia tým je farebný prejav homogénnejší.

Pre ďalší rozvoj skúmanej témy by som doporučila zhromaždiť väčší obsah dát a zameranie sa na väčšiu oblasť typov osvetlenia. Alebo ďalšie štúdium ale s profesionálnejšími senzormi pre digitalizáciu, ktoré by mohlo byť následne porovnané s hodnotami z tohto experimentu.

Zaujímavou témou pre spracovanie by mohlo byť použitie inej meracej metódy zisťovania farebných parametrov a čerpanie z tejto práce pre porovnanie.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] VIK, M. *Základy měření barevnosti: 1.Díl*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 1995. ISBN 80-7083-162-6.
- [2] HRABČÁK, Marek. *Multimédia na PC* [online]. Prešov: Prešovská univerzita v Prešove, 2008 [cit. 2012-01-26]. ISBN 978-80-8068-777-9.
- [3] DOJČAR, Zdenek. *Barva* [online]. Brno, 2003 [cit. 2012-01-26].
- [4] KVASNOVSKÝ, Matej. *Teória a psychológia farieb v internetovej komunikácii* [online]. Brno, 2010 [cit. 2012-01-26]. Diplomová práca. Masarykova univerzita.
- [5] *PCrevue*. 2011, č. 4.
- [6] FRASER, Bruce, Chris MURPHY a Fred BUNTING. *Správa barev: Průvodce profesionála v grafice a pre-pressu*. Brno: Comuter press, 2003.
- [7] JELÍNEK, Ivo. *Vizuální posudky barevných rozdílů u reálných a virtuálních textilních vzorků* [online]. Liberec, 2010 [cit. 2012-01-26]. Diplomová práca. Technická univerzita v Liberci.
- [8] Referaty-seminarky.sk. ANONYMOUS. *Referaty-seminarky* [online]. 01. července 2007 [cit. 2012-02-27]. Dostupné z: <http://www.grafika.cz/art/hw/LCD-technologie-v-kostce.html>
- [9] [Http://www.zive.sk](http://www.zive.sk). REPÁK, Jaroslav. *Http://www.zive.sk* [online]. 27. 1. 2009 [cit. 2012-02-27]. Dostupné z: <http://www.zive.sk/lcd-technologie-potencialna-buducnost/monitor-prava-ruka-pocitaca/ch-190030-sc-3-a-281113/default.aspx>
- [10] [Www.grafika.cz](http://www.grafika.cz). DOLEJŠ. *Www.grafika.cz* [online]. 02.06.2005 [cit. 2012-02-27]. Dostupné z: <http://www.grafika.cz/art/hw/LCD-technologie-v-kostce.html>
- [11] [Monitor.y.ic.cz](http://monitor.ic.cz). *Monitor.y.ic.cz* [online]. [cit. 2012-02-27]. Dostupné z: <http://monitor.y.ic.cz/lcd.html>
- [12] [Www.grafika.cz](http://www.grafika.cz). ZOCH, Pavel. *Www.grafika.cz* [online]. 03.02.2011 [cit. 2012-02-27]. Dostupné z: <http://www.grafika.cz/art/hw/CG303W.htm>
- [13] [Http://www.eizo.cz](http://www.eizo.cz). *Http://www.eizo.cz* [online]. 2009 [cit. 2012-02-27]. Dostupné z: <http://www.eizo.cz/podpora/eizo-technologie/professionalove-vyzaduji-siroky-rozsah.html>
- [14] [Http://www.reprodukce-barev.org](http://www.reprodukce-barev.org). *Http://www.reprodukce-barev.org* [online]. 19. 10. 2009 [cit. 2012-02-27]. Dostupné z: <http://www.reprodukce-barev.org/?menu=2&hlav=5>

- [15] DVOŘÁKOVÁ, Zdenka. *DTP a předtisková příprava*. Brno: Computer Press, 2008. ISBN 978-80-251-1881-8.
- [16] Www.interval.cz. JANÁK, Robert. *Www.interval.cz* [online]. 25. 06. 2004 [cit. 2012-02-27]. Dostupné z: <http://interval.cz/clanky/sprava-barev-color-management-system-cms/#inner-links-sprava-barev-v-aplikacich>
- [17] *Uživatelsky přívětivá rozhraní*. Praha: Horava & Associates, 2009. ISBN 978-80-254-5295-0.
- [18] Www.pc-software.xf.cz. *Www.pc-software.xf.cz* [online]. [cit. 2012-02-27]. Dostupné z: <http://pc-software.xf.cz/os.html>
- [19] Www.windows.microsoft.com. *Www.windows.microsoft.com* [online]. 2012 [cit. 2012-02-27]. Dostupné z: <http://windows.microsoft.com/sk-SK/windows7/Change-color-management-settings>
- [20] PIHAN, Roman. Gamma korekce. In: *Www.fotoroman.cz* [online]. 2011 [cit. 2012-10-28]. Dostupné z: http://www.fotoroman.cz/glossary2/3_gamma.htm
- [21] Správa barev monitoru. *Polygrafia-fotografia* [online]. 2010 [cit. 2012-10-28]. Dostupné z: <http://www.polygrafia-fotografia.sk/4203>
- [22] PANÁK, Ondrej. UNIVERZITA PARDUBICE. *Základy správy barev* [online]. 2012 [cit. 2012-10-28].
- [23] Dostupný <<http://neod32.euweb.cz/html-kvantova%20fyzika/interakcia.htm>>
- [24] Dostupný <http://student.fiit.stuba.sk/~pifkova04/farebne_modely/galeria.html>
- [25] Dostupný <<http://webvision.med.utah.edu/book/part-viii-gabac-receptors/color-perception/>>
- [26] Dostupný <<http://www.lif.co.uk/lamp-guide/principal-characteristics.html>>
- [27] Dostupný
<http://www.hiland.com/knowledge_base/helpful_hints/getting_to_know_rgb_cmyk/>
- [28] Dostupný <http://www.robertswainnyc.com/color_language.htm>
- [29] Dostupný
<http://www.eamos.cz/amos/demo/modules/low/kurz_text.php?id_kap=1&kod_kurzu=demo_03276>
- [30] Dostupný <<http://www.grafika.cz/art/hw/LCD-technologie-v-kostce.html>>
- [31] GABČOVÁ, Veronika akad.mal. Nové nedeštruktívne metódy výskumu aplikované v reštaurátorskej praxi a metodika výuky. In: [online]. 2007 [cit. 2013-01-07]. Dostupné z: <http://www.arte-fakt.cz/dokumenty/II.konf>

- [32] Dostupný <<http://www.zive.sk/spravy/nikon-viewnx-2-sada-nastrojov-na-spracovanie-snimok/sc-30-a-289570/default.aspx>>
- [33] Dostupný <<http://www.radio.cz/cz/rubrika/cestujeme/kouzlu-tapiserii-propadnete-v-liberci>>
- [34] BRAVERMANOVÁ, M., H. BREZINOVÁ a K. URBANOVÁ. *Metodika výzkumu archeologických textilních nálezů* [online]. 2011, roč. 71, č. 2 [cit. 2013-01-07].
- [35] Dostupný <http://www.bhphotovideo.com/FrameWork/Product_Resources/digital_srbk/qSoftware_550-605.pdf>
- [36] Dostupný <<http://www.techrepublic.com/blog/mac/discover-the-digitalcolor-meter-tool-on-your-mac/1873>>

Zoznam obrázkov

- Obrázok 1 Farebné spektrum[23]
- Obrázok 2 Ľudské oko [4]
- Obrázok 3 Goetheho trojuholník [4]
- Obrázok 4 Ittenov farebný kruh [4]
- Obrázok 5 Schéma vzniku farebného vnemu [7]
- Obrázok 6 Schéma štandardného pozorovateľa [3]
- Obrázok 7 CIE XYZ [8]
- Obrázok 8 CIE x,y diagram[24]
- Obrázok 9 Graf farebného priestoru[25]
- Obrázok 10 CIELAB priestor[26]
- Obrázok 11 RGB[27]
- Obrázok 12 CMYK[27]
- Obrázok 13 model RGB[27]
- Obrázok 14 model CMYK[27]
- Obrázok 15 Gamut[3]
- Obrázok 16 Model HSB[27]
- Obrázok 17 Model HLS[27]
- Obrázok 18 Kruhový vzor definujúci tón[3]
- Obrázok 19 Sýtosť [3]
- Obrázok 20 Svetlosť [3]
- Obrázok 21 Farebný trojuholník

Obrázok 22 Oswaldov systém[28]

Obrázok 23 Hodnoty Munsellovho systému[3]

Obrázok 24 Munsellové farebné mapy[3]

Obrázok 25 Munsellov systém 3D[3]

Obrázok 26 Systém DIN 6164

Obrázok 27 Určovanie povahy odtieňovej odchýlky ΔH^* v CIELAB systéme

Obrázok 28 Farba bieleho bodu[14]

Obrázok 29 Gamma krivka [20]

Obrázok 30 Kladný stav - svetlo prechádza[29]

Obrázok 31 Stav pri napätí - svetlo neprechádza[29]

Obrázok 32 Technológia TN[30]

Obrázok 33 Technológia Super-TFT(IPS) [30]

Obrázok 34 Technológia Multi-Domain Vertical Alignment[30]

Obrázok 35 Nikon D40

Obrázok 36 Nikon D70

Obrázok 37 Canon EOS 400

Obrázok 38 HP Skener.

Obrázok 39 Ukážková Hejzlarovej karty.

Obrázok 40 ColorChecker Gretag Macbeth

Obrázok 41 Tapiséria vojenskej výpravy.

Obrázok 42 Detaily flákov.

Obrázok 44 Tapiséria 2.

Obrázok 45 Maľba.

Obrázok 46 Schéma snímania.

Obrázok 47 Zobrazovací systém Nikon D40, nastavenie WB na „Calculate automatic“ v softvare ViewNX2.

Obrázok 48 Originálne dáta s Nikonu D40, neadjustovaný.

Obrázok 49 Zobrazovací systém Nikon D40, nastavenie WB na „Incandescent“ (žiarovka) v programe ViewNX2.

Obrázok 50 Schéma merania.

Obrázok 51 Schéma merania farebných oblastí v tapisérii 1.

Obrázok 52 Schéma merania farebných oblastí tapisérii 2.

Obrázok 53 Schéma merania farebných oblastí v maľbe.

Zoznam tabuliek

Tabuľka 1 Parametre skúšaných zariadení.

Tabuľka 2 Nastavenie zariadení.

Tabuľka 3 Hodnoty AVG a STDEV v osvetlení AUTO a MWB Nikon D40.

Tabuľka 4 Hodnoty AVG a STDEV v osvetlení Incandescent Nikon D40.

Tabuľka 5 Hodnoty AVG a STDEV v osvetlení AUTO a MWB Nikon D70.

Tabuľka 6 Hodnoty AVG a STDEV v osvetlení Incandescent Nikon D70.

Tabuľka 7 Hodnoty AVG a STDEV v osvetlení AUTO a MWB Canon EOS400.

Tabuľka 8 Zrovnanie minimálnych a maximálnych hodnôt odchýliek.

Zoznam grafov

Graf 1 Hodnoty odchýliek opakovateľnosti Nikon D40.

Graf 2 Posun vplyvom odlišného osvetlenia Nikon D40.

Graf 3 Hodnoty odchýliek opakovateľnosti Nikon D70.

Graf 4 Posun vplyvom odlišného osvetlenia Nikon D70.

Graf 5 Hodnoty odchýliek opakovateľnosti Canon EOS 400.

Graf 6 Posun vplyvom odlišného osvetlenia Canon EOS 400.

Graf 7 spektrálnu citlivosť snímačov.

Graf 8 Snímač iPhone 4S.

Graf 9 Snímač HP.

Graf 10 Porovnanie snímačov v manuálnom WB osvetlení.

Graf 11 Porovnanie snímačov v automatickom osvetlení.

Graf 12 Porovnanie snímačov v osvetlení A.

Graf 13 Mapa farebných oblastí tapisérie.

Graf 14 Mapa farebných oblastí novodobej tapisérie.

Graf 15 Mapa farebných oblastí maľby.

Graf 16 Porovnanie farebných oblastí diel.

Zoznam príloh

Príloha 1 Hodnoty nameraných farebných súradníc

Príloha 2 Analýza kolorimetrických súradníc diel

Prílohy

Príloha 1

Hodnoty nameraných farebných súradníc jednotlivých senzorov sú uložené na digitálnom nosiči CD, ktorý je súčasťou tejto Diplomovej práce.

Tabuľka nameraných $L^*a^*b^*$ hodnôt pre iPhone 4S.

D65			A			F11			CWF			Horizon t			
L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	
49,73	16,13	17,04	45,58	20	23,52	45,77	18,17	25,91	45,25	15,34	27,64	46,46	35,100	42,810	1.
80,75	19,27	26,29	80,83	25,75	17,79	80,66	23,46	26,38	79,09	20,77	29,61	75,11	33,280	37,870	2.
50,4	-2,85	25,51	60,42	-1,56	19,93	59,3	-2,61	23,38	56,46	0,91	-23,2	56,53	9,810	10,240	3.
41,89	11,32	29,8	52,51	10,35	27,15	53,86	19,75	36,6	51,23	14,65	35,4	49,61	7,070	44,590	4.
48,95	12,63	25,89	66,36	16,83	20,92	64,54	13,48	26,12	61,93	15,57	26,13	63,53	28,580	12,710	5.
65,98	30,86	5,45	82,96	33,12	0,45	82,92	32,16	6,29	81,32	26,29	7,86	77,36	19,650	29,800	6.
73,82	32,62	65,61	71,59	37,64	65,89	71,5	37,37	71,17	73,62	32,13	75,48	68,06	45,620	70,000	7.
34,03	21,78	63,87	44,11	17,02	47,66	41,08	17,63	56,61	37,46	25,66	58,31	40,45	19,980	-15,250	8.
61,25	53,89	29,94	63,3	61,55	24,05	64,5	55,21	31,8	60,91	52	29,62	59,98	67,320	38,340	9.
23,17	32,15	23,33	33,71	37,88	15,68	28,96	26,34	28,39	26,99	27,37	27,71	34,2	45,910	15,140	10.
73,39	21,78	63,67	83,95	23,29	57,28	86,12	29,34	76,11	85,73	25,68	77,11	80,34	-1,750	73,430	11.
70,2	20,91	70	81,31	15,54	76,29	83,83	10,32	83,08	84,42	8,81	84	76,48	25,640	78,300	12.
15,51	38,3	69,04	19,56	23,45	54,78	17,93	32,4	-36,1	16,06	35,57	-63,8	16,74	16,550	-30,610	13.
60,32	42,53	42,78	57,76	47,74	32,49	60,41	46,61	46,99	59,35	-38,3	47,09	52,85	25,380	45,350	14.
47,35	59,35	45,14	50,08	72,12	37,22	45,77	58,09	44,92	41,57	54,04	39,9	53,5	79,150	50,350	15.
87,62	2,87	83,68	90,43	-1,88	78,19	93,27	-8,4	90,19	93,56	-9,17	90,48	87,01	3,970	83,190	16.
49,49	58,7	-6,51	60,22	69,17	-2,02	58,09	57,67	-9,83	54,38	56,52	13,65	57,51	75,070	23,500	17.
40,55	16,12	26,44	51,93	18,02	32,53	51,42	17,02	32,76	48,54	11,39	34,84	46,03	17,910	-7,520	18.
99,79	-1,21	2,92	97,16	1,19	7,12	98,36	-0,68	7,51	98,24	-0,77	9,92	91,56	3,010	35,520	19.
85,11	0,45	3,99	83,75	2,76	6,36	85,91	1,53	7,04	85,27	2,39	9,62	80,55	18,950	36,420	20.
66,4	0,44	3,67	68,75	2,64	6,61	70,97	-0,4	6,74	70,32	0,76	9	66,3	19,280	33,190	21.
45,36	0,5	4,05	49,96	2,66	5,47	51,88	-0,71	6,88	51,15	0,84	7,94	48,25	17,090	31,220	22.
19,26	0,51	1,51	26,22	1,41	2,56	27,25	1,14	2,65	27,15	2,91	3,81	25,7	17,080	22,510	23.
4,05	0,07	1,04	6,78	0,35	1,03	7,19	1,62	1,64	7,08	1,41	2,73	6,94	8,920	6,790	24.

Tabuľka nameraných $L^*a^*b^*$ hodnôt pre HP skener.

Neadj.			Adjust.			
L*	a*	b*	L*	a*	b*	
40,58	11,27	12,18	40,12	7,67	7,78	1.
70,06	25,82	14,79	69,97	24,58	12,13	2.
51,74	-3,54	-26,75	51,71	-6,91	-28,41	3.
46,91	-20,53	26,59	46,62	-23,94	23,23	4.
58,37	9,33	-27,84	58,13	6,32	-29,78	5.
73,76	-29,94	-3,73	73,79	-32,94	-5,06	6.
66,88	35,56	55,17	66,84	33,6	52,6	7.
41,73	13,69	-50,86	41,76	11,2	-53,28	8.
57,47	51,75	18,49	57,16	49,62	14,78	9.

33,91	21,99	-21,83	33,43	18,98	-25,24	10.
77,52	-28,84	58,85	77,42	-30,97	55,64	11.
77,21	10,46	70,91	77,32	8,84	67,81	12.
28,04	14,09	-56,49	28,76	14,24	-87,3	13.
57,6	-38,66	31,19	57,75	-41,67	28,8	14.
49,05	54,54	31,75	48,45	52,18	28,58	15.
88,87	0,48	83,12	88,87	-0,42	79,92	16.
58,1	51,47	-13,54	58,09	49,6	-15,73	17.
51,2	-15,22	-35,87	51,61	-17,46	-37,01	18.
100	0	0	100	0	0	19.
84,76	-0,79	-2,96	84,6	-2,33	-4,39	20.
69,25	-1,58	-3,56	69,37	-4,26	-5,23	21.
52,05	-1,42	-2,75	52,1	-5,77	-4,94	22.
36,14	-3,6	-4,3	36,03	-7,21	-7,23	23.
15,51	-4,18	-4,48	15,56	-8,01	-8,94	24.

Príloha 2

Tabuľky analýzy kolorimetrických súradníc oblastí 1-21 tapisérie 1.

1												
Prehoz kona:			Brnenie :			Kon:			Kopia:			
L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	
45,64	32,63	13,91	49,45	0,15	8,66	55,85	4,11	12,01	56,81	25,57	10,87	1.
42,68	30,4	14,12	30,89	-2,73	4,7	30,46	6,35	14,88	43,59	29,79	13,54	2.
38,23	30,45	15,93	42,1	-4,19	5,14	25,46	7,31	15,98	35,44	25,77	14,35	3.
51,63	25,12	16,48	42,85	-4,5	6,33	56,84	3,16	11,97	50,36	30,45	13,19	4.
34,78	19,81	7,57	73,56	-4,34	5,68	57,35	4,82	13,44	37,7	16,87	13,26	5.
40,66	24,31	17,57	66,8	-6,59	7	40,61	5,84	13,01	-	-	-	6.
34,22	19,82	10,22	58,56	0,62	9,59	46,17	2,72	8,24	-	-	-	7.
30,31	22,31	13,95	64,02	-4,53	3,52	63,91	3,46	10,66	-	-	-	8.
45,72	24,3	16,94	51,39	-3,55	4,89	42,31	8,67	9,48	-	-	-	9.
47,73	26,47	10,68	53,56	-2,81	-2,57	39,44	10,95	10,17	-	-	-	10.
41,16	25,562	13,737	53,318	-3,247	5,294	45,84	5,739	11,984	44,780	25,690	13,042	AVG
6,761	4,448	3,287	12,870	2,199	3,324	12,530	2,647	2,423	8,869	5,415	1,299	STDEV

2												
Prehoz kona:			Jazdec:			Sedlo:			Kon:			
L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	
59,51	13,51	13,04	48,07	-0,95	5,75	49,52	-9,75	-6,72	61,42	3,71	15,71	1.
55,77	15,53	16,34	27,93	-1,24	4,31	23,32	-6,9	-10,19	61,45	8,43	16,18	2.
51,19	25,8	16,58	56,14	2,47	11,88	36,74	-9,41	-1,97	59,35	6,3	18,43	3.
51,18	24,12	15,19	52,32	0,34	9,71	40,64	-10,39	-3,68	74,72	1,51	13,85	4.
64,74	18,38	17,94	45,53	6,8	13,87	21,64	-2,93	-4,57	55,59	8,27	16,23	5.
65,47	19,47	15,69	65,95	1,43	13,07	56,94	-6,64	5,91	61,87	3,05	15,97	6.
50,87	17,43	14,54	53,75	-2,94	5,87	59,61	-3,57	11,16	59,14	3,45	16,78	7.
45,01	25,04	13,11	53,71	6,38	13,56	38,36	-10,48	4,33	80	1,24	12,79	8.

80,89	8,68	10,97	41,32	-6,35	1,36	65,68	0,75	8,4	65,58	4,81	16,98	9.
61,49	16,34	16,94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.
58,612	18,430	15,034	49,413	0,660	8,820	43,606	-6,591	0,297	64,347	4,530	15,880	AVG
10,292	5,421	2,136	10,656	4,223	4,614	15,547	3,937	7,376	7,953	2,655	1,675	STDEV

3															
Nohavice			Vesta			Rukavy			Prilba			Tvár:			
L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	
56,68	23,13	8,68	42,86	-7,36	8,92	51,23	16,82	13,93	43,26	-2,97	6,25	52,63	0,45	11,17	1.
40,34	32,17	10,48	52,31	-6,6	11,8	35,84	26,9	12,26	28,85	-4,1	2,96	53,75	4,26	13,72	2.
43,34	31,2	12,04	32,18	-9,51	8,08	31,72	26,97	13,49	55,84	-0,29	13,23	55,96	3,99	10,91	3.
51,78	17,62	8,82	35,45	-9,83	2,7	48,96	28,69	14,62	22,84	2,02	11,81	66,24	1,39	10,92	4.
53,6	19	8,05	33,42	-9,47	3,3	53,16	19,36	15,27	33,47	-2,93	8,14	35,66	3,21	10,77	5.
64,09	40,5	15,7	46,87	-2,27	19,6	53,09	24,27	12,43	-	-	-	55,2	3,93	10,03	6.
69,02	4,75	14,68	47,11	-6,56	4,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.
50,38	20,06	10,97	28,26	-7,8	-7,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.
40,63	24,71	11,07	36,3	-5,93	8,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.
45	11,65	7,89	38,48	-1,25	8,48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.
51,49	22,48	10,84	39,32	-6,66	6,85	45,67	23,84	13,67	36,85	-1,65	8,48	53,2 4	2,87	11,25	AVG
9,72	10,40	2,69	7,69	2,92	6,90	9,42	4,74	1,19	12,98	2,49	4,16	9,90	1,58	1,27	STDEV

4															
Vesta			Nohavice			Prilba			Tvar:			Topanky			
L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	
25,69	20,65	10,22	35,87	-8,24	16,96	20,33	-0,8	1,36	56,27	-1,63	12,28	42,87	11,71	9,54	1.
30,82	26,72	13,27	46,91	-6,15	15,19	32,09	-5,32	-0,15	47,33	0,23	13,22	28,63	9,28	9,89	2.
41,67	25,62	12,36	27,69	-5,76	16,16	32,95	-2,94	8,02	60,1	0,22	10,88	43,2	8,33	13,03	3.
53,9	17,45	9,65	43,24	-5,66	-6,74	52,98	-2,91	6,3	53,81	6,1	11,43	34,37	12,66	5,66	4.
35,54	18,96	8,05	38,49	10,73	-9,43	19,73	0,91	9,82	56,71	1,16	11,13	36,25	12,62	6,22	5.
43,23	13,12	11,22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.
44,91	10,26	10,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.
38,84	24,61	8,61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.
45,85	8,19	7,91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.
39,54	21,47	9,51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.
40,00	18,71	10,12	38,44	-7,31	12,90	31,62	-2,21	5,07	54,84	1,22	11,79	37,06	10,92	8,87	AVG
7,99	6,44	1,77	7,36	2,18	4,54	13,48	2,37	4,30	4,76	2,91	0,96	6,13	2,00	3,01	STDEV

5												
Vesta:			Rukávy			Nohavice			Topanky			
L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	
29,53	-6,44	-6,3	45,56	-3,76	12,1	51,89	3,42	18,05	37,62	3,83	5,96	1.
41,81	-6,21	-5,27	47,48	4,96	9,58	43,56	20,41	10,92	20,61	2,25	4,36	2.
17,48	-3,77	-12,04	29,14	11,07	11,75	35,46	29,24	11,4	49,39	0,43	0,57	3.
52,01	-6,97	-6,4	43,59	-5,46	11,66	45,57	11,68	15,34	24,85	7,09	7,73	4.
24,4	-7,49	-7,77	34,02	11,34	12,19	32,93	23,65	11,7	21,16	-2,06	7,2	5.
14,29	-0,05	-17,77	-	-	-	53,71	-0,5	17,51	-	-	-	6.
6,11	2,86	-12,23	-	-	-	54,27	5,15	13,16	-	-	-	7.
20,31	-3,83	-9,05	-	-	-	46,59	5,15	9,58	-	-	-	8.
32,29	-8,82	-12,72	-	-	-	61,55	10,08	14,41	-	-	-	9.
22,01	-5,69	-12,11	-	-	-	51,54	3,45	18,54	-	-	-	10.
26,024	-4,641	10,166	39,958	3,630	11,456	47,707	11,173	14,061	30,726	2,308	5,164	AVG
13,477	3,599	3,887	7,960	7,966	1,072	8,783	9,986	3,215	12,492	3,457	2,877	STDEV

6						
Tvar:			Kon:			
L*	a*	b*	L*	a*	b*	
55,89	3,72	13,79	44,17	6,64	13,36	1.
65,38	6,74	14,32	40,28	4	13,61	2.
55,36	-1,38	13,12	44,45	3,51	15,14	3.
36,91	-1,27	11,11	46,78	0,4	9,16	4.
67,26	3,06	15,81	51,89	2,26	8,21	5.
56,160	2,174	13,630	45,514	3,362	11,896	AVG
12,036	3,483	1,722	4,260	2,300	3,028	STDEV

7									
Turban a habit:			Kon:			Tvar s vlasami:			
L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	
35,19	27,38	13,86	62,45	1,67	12,36	30,84	7,15	14,11	1.
45,55	25,32	11,15	45,23	3,36	15,72	31,05	7,47	16,85	2.
28,87	22,66	13,52	37,37	4,42	15,4	62,39	2,63	17,11	3.
41,22	17,81	17,74	66,07	0,58	14,85	65,18	2,93	15,82	4.
49,12	22,06	11,42	64,05	-1,87	14,03	51,99	5,85	14,92	5.
39,990	23,046	13,538	55,034	1,632	14,472	48,290	5,206	15,762	AVG
8,101	3,623	2,643	12,906	2,456	1,343	16,579	2,299	1,269	STDEV

8									
Klobuk:			Pero na klobuku:			Vesta:			
L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	
34,34	31,61	15,84	56,33	3,19	16,32	43,44	-6,36	5,32	1.

57,28	24,69	14,67	54,84	8,36	16,86	35,31	-8,32	2,16	2.
44,55	34,98	17,05	65,46	4,48	15,66	29,52	-7,84	-6,21	3.
65,41	3,06	15,84	63,83	-0,66	9,2	45,06	-7,32	-3,07	4.
77,08	1,82	16,06	58,22	3,13	16,2	26,32	-4,55	1,15	5.
-	-	-	-	-	-	31,09	-7,75	-8,78	6.
-	-	-	-	-	-	32,34	-3,97	-5,56	7.
-	-	-	-	-	-	52,98	-3,12	9,33	8.
-	-	-	-	-	-	48,58	-7,68	-0,06	9.
-	-	-	-	-	-	33,09	-9,01	-6,01	10.
55,73	19,23	15,89	59,74	3,70	14,85	37,77	-6,59	-1,17	AVG
16,84	15,78	0,85	4,67	3,24	3,19	9,04	2,02	5,77	STDEV

8									
Rukav:			Tvar:			Kon:			
L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	
61	12,43	19,22	61,71	6,12	16,56	28,98	6,01	12,47	1.
65,58	12,38	15,9	53,2	6,97	17,1	52,22	1,96	11,61	2.
57,25	8,41	14,53	68,47	2,94	15,08	66,5	3,54	13,18	3.
58,03	17,99	18,44	42,4	9,23	13,14	35,06	7,92	14,87	4.
48,94	13,12	17,06	44,1	8	13,99	25,09	6,22	12,08	5.
-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.
-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.
-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.
-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.
-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.
58,16	12,87	17,03	53,98	6,65	15,17	41,57	5,13	12,84	AVG
6,10	3,41	1,89	11,20	2,38	1,67	17,37	2,36	1,27	STDEV

9							10						
Vrchny odev:			Tvar s klobukom:				Tvar:			Odev			
L*	a*	b*	L*	a*	b*		L*	a*	b*	L*	a*	b*	
30,94	-6,62	-6,97	54,14	4,62	17,01	1.	59,73	4,43	16,79	27,65	10,34	14,41	1.
54,87	-2,66	4,5	40,45	7,5	17,11	2.	65,76	4,42	16,06	47,5	23,42	14,34	2.
37,23	-6,14	3,4	57,22	3,37	13,77	3.	59,7	11,77	14,38	32,11	28,82	15,16	3.
36,59	6,6	15,17	44,7	16,4	12,62	4.	57,14	4,13	14,78	34,37	18,29	12,22	4.
56,01	11,17	13,43	33,78	30,54	13,13	5.	68,38	3,01	16,53	28,61	20,7	10,53	5.
43,12													
8	0,470	5,906	46,058	12,486	14,728	AVG	62,142	5,552	15,708	34,048	20,314	13,332	AVG
11,51													
0	7,997	8,895	9,669	11,304	2,168	STDEV	4,712	3,524	1,072	7,989	6,814	1,911	STDEV

11							12						
Tvar s klobukom:			Odev:				Brnenie a kopia:			Vesta:			
L*	a*	b*	L*	a*	b*		L*	a*	b*	L*	a*	b*	
29,72	5,3	16,66	32,24	-3,09	6,43	1.	32,6	4	10,6	42,51	31,67	15,64	1.
60,5	5,4	16,37	47,33	-0,49	7,71	2.	33,3	-5,08	0,94	43,78	25,3	13,32	2.
62,16	3,88	14,51	50,43	7,15	12,47	3.	50,48	0,22	9,68	37,68	15,11	10,87	3.
54,8	8,59	13,54	20,39	0,26	2,28	4.	32,88	-8,33	-4,35	40,61	34,84	17,54	4.
31,63	21,76	14,46	50,85	12,75	8,71	5.	34,86	-1,79	4,66	52,82	22,73	16,46	5.
47,76 2	8,986	15,108	40,248	3,316	7,520	AVG	36,824	-2,196	4,306	43,480	25,930	14,766	AVG
15,85 0	7,346	1,345	13,460	6,492	3,695	STDEV	7,684	4,752	6,222	5,704	7,747	2,674	STDEV

13				14			
L*	a*	b*		L*	a*	b*	
55,49	2,63	17,95	1.	19,17	-1,73	2,84	1.
37,52	8,26	19,83	2.	53,01	-2,16	11,91	2.
37,35	7,71	11,28	3.	12,74	2,32	5,95	3.
14,27	2,33	6,92	4.	38,69	4,52	14,49	4.
51,11	3,85	18,98	5.	57,6	10,53	20,47	5.
39,148	4,956	14,992	AVG	36,242	2,696	11,132	AVG
16,085	2,830	5,635	STDEV	19,919	5,196	6,977	STDEV

15				16						
L*	a*	b*		Vesty:			Brnenie			
L*	a*	b*		L*	a*	b*	L*	a*	b*	
20,3	-1,38	2,34	1.	42,61	35,93	17,55	42,31	0,33	10,14	1.
56,28	-2,1	8,75	2.	54,11	21,78	16,1	29,9	-2,54	6,66	2.
35,58	-3,48	7,54	3.	30,6	27,99	13,03	47,6	-5,09	5,86	3.
26,77	0,77	8,67	4.	46,56	17,12	13,93	45,79	0,02	14,7	4.
23,97	0,36	-0,19	5.	50,98	12,5	16,9	67,96	0,26	9,64	5.
32,580	-1,166	5,422	AVG	44,972	23,064	15,502	46,712	-1,404	9,400	AVG
14,399	1,757	4,096	STDEV	9,141	9,198	1,942	13,740	2,381	3,491	STDEV

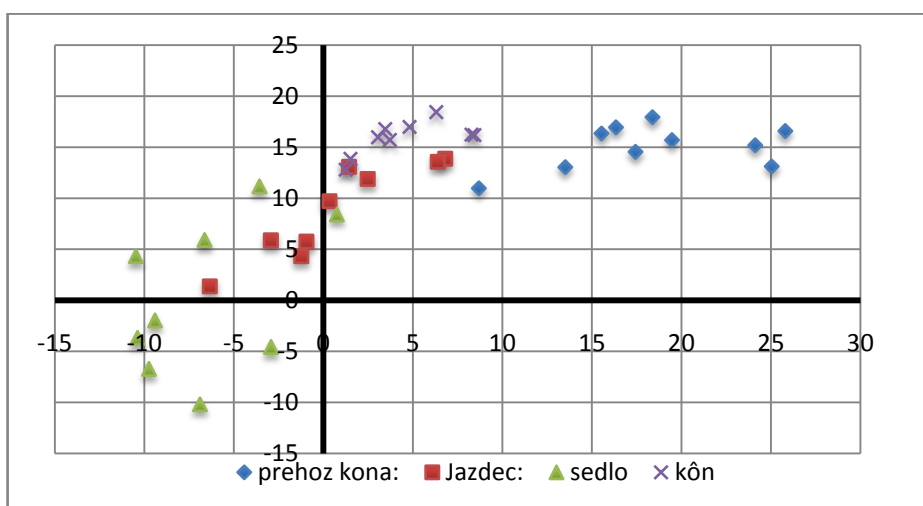
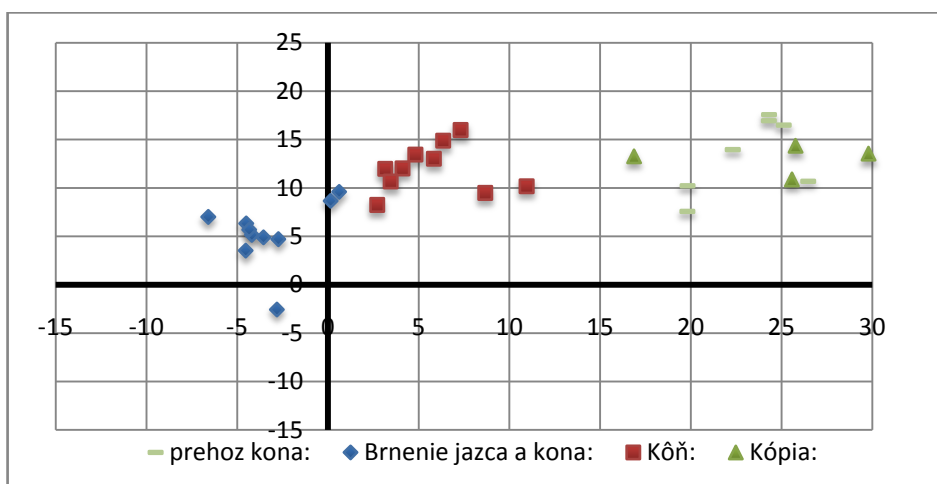
17				18			
L*	a*	b*		L*	a*	b*	
3,64	0,74	-5,25	1.	32,92	-6,06	-4,01	1.
38,09	-5,16	8,12	2.	35,25	-4,26	10,61	2.
28,25	1,34	9,28	3.	31,94	3,47	6,96	3.
36,21	5,97	18,25	4.	17,76	0,79	0,05	4.
16,99	-6,78	-5,28	5.	38,58	12,26	14,58	5.
57,41	0,16	16,84	6.	42,02	23,04	11,93	6.

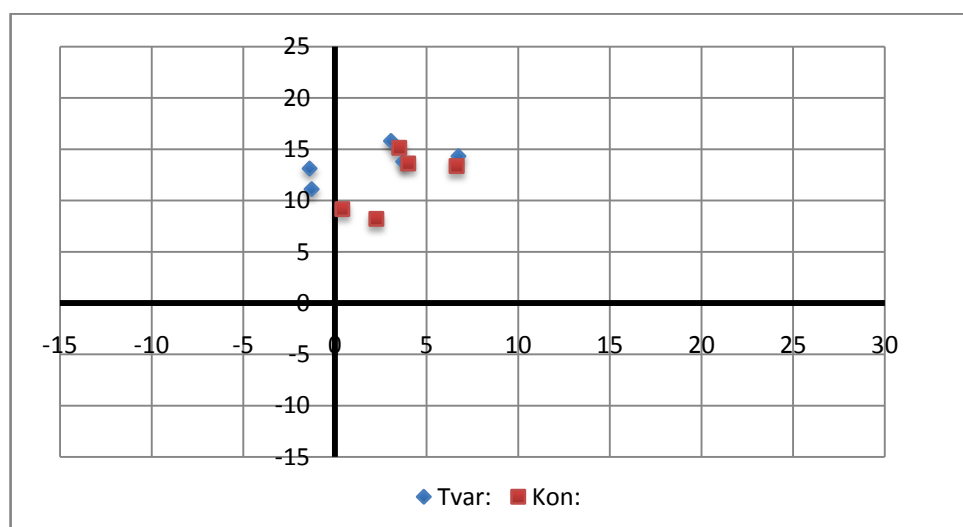
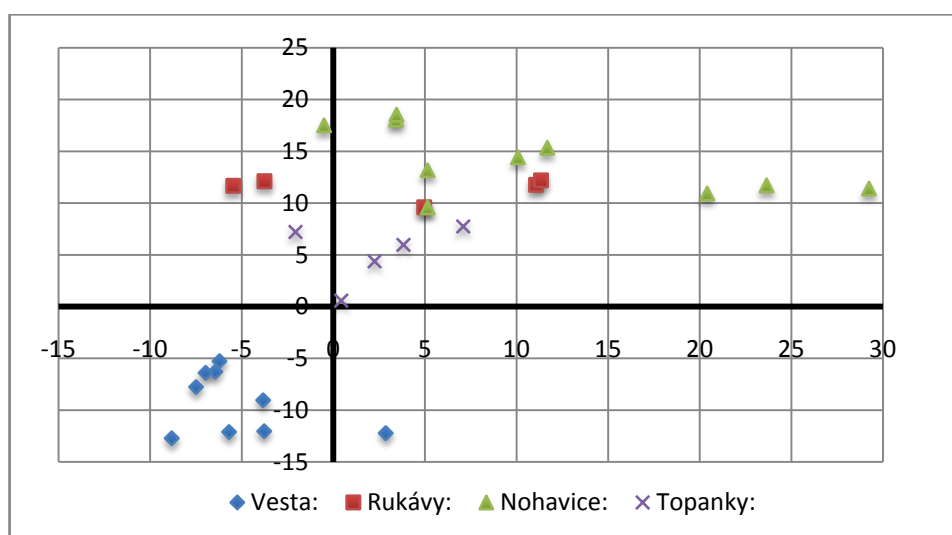
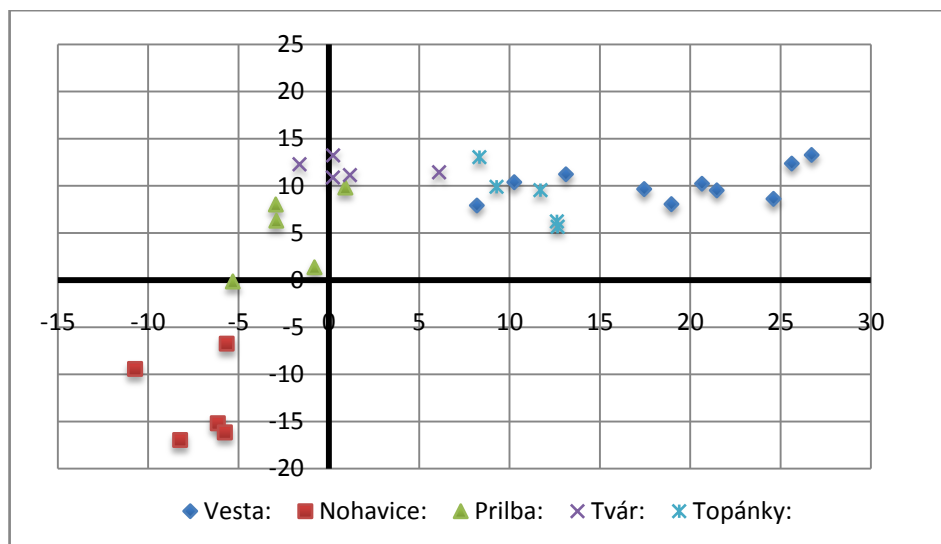
40,92	-0,77	15,04	7.	60,7	1,76	13,3	7.
47,59	4,7	15,01	8.	11,88	1,25	-13,95	8.
27,86	-12,21	0,91	9.	60,03	0,55	10,11	9.
19,440	-6,710	-5,880	10.	30,460	5,580	7,470	10.
31,640	-1,872	6,704	AVG	36,154	3,838	5,705	AVG
15,777	5,699	9,784	STDEV	15,641	8,416	9,043	STDEV

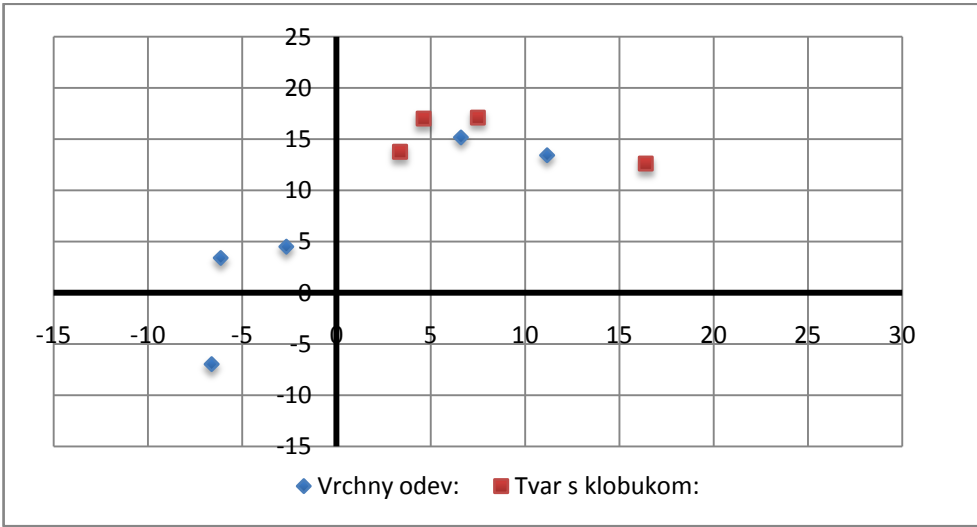
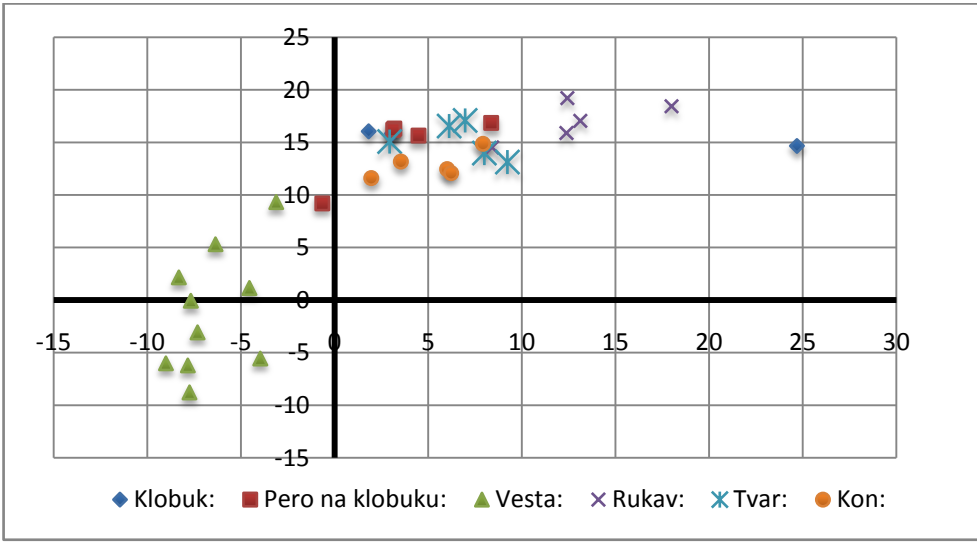
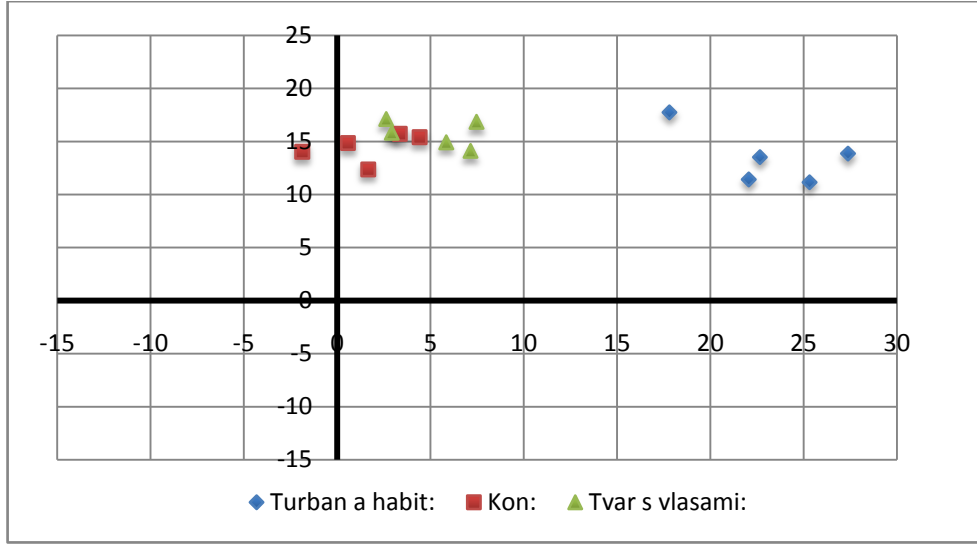
19			
L*	a*	b*	
37,76	-4,73	4,3	1.
34,47	-6,4	-5,04	2.
43,51	-2,98	4,87	3.
41,14	-4,99	3,29	4.
15,87	-6,44	-8,21	5.
34,550	-5,108	-0,158	AVG
10,988	1,426	6,036	STDEV

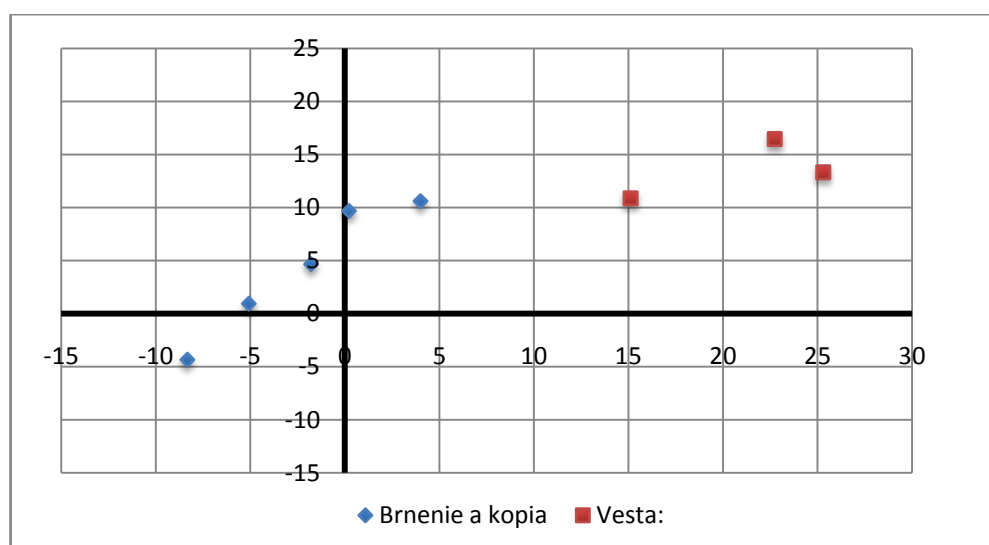
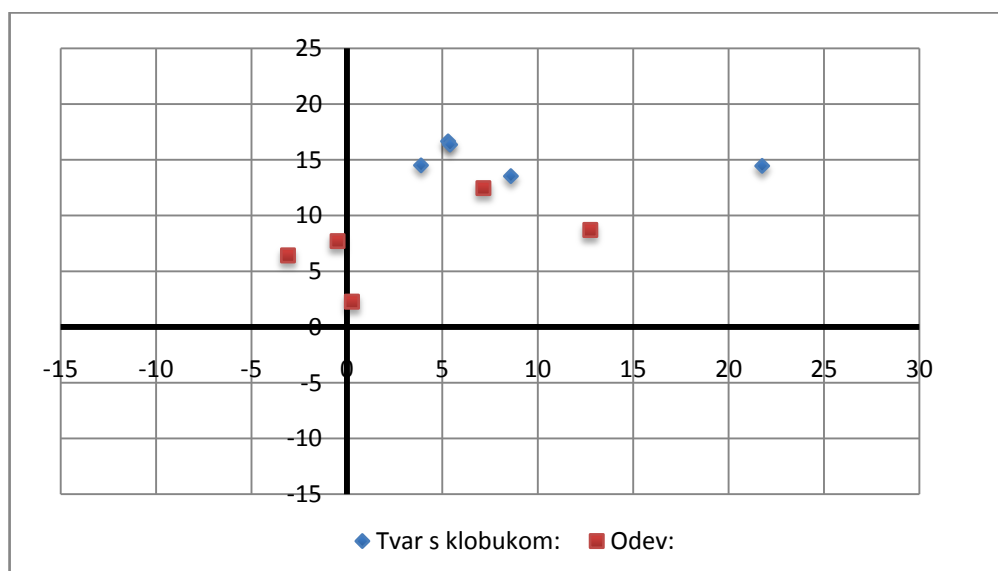
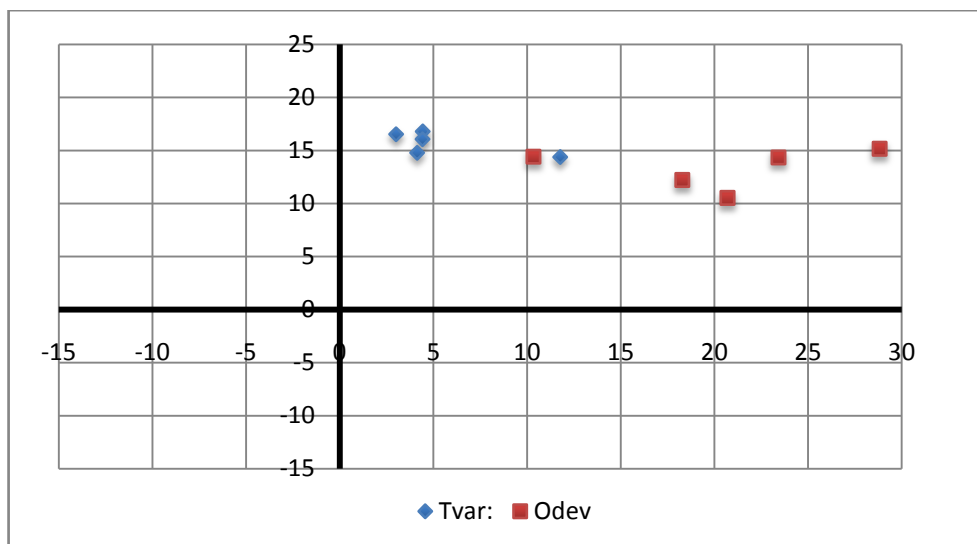
20				21			
L*	a*	b*		L*	a*	b*	
55,05	-2,63	-7,69	1.	57,14	3,44	15,08	1.
9,18	-1,89	-9,78	2.	43,1	1,35	11,66	2.
39,79	20,38	8,95	3.	25,79	4,88	11,98	3.
38,51	-9,92	-7,88	4.	32,11	4,3	14,22	4.
69,06	4,98	13,97	5.	28,26	6,66	12,85	5.
35,15	-5,46	-21,45	6.	59,66	7,43	14,15	6.
71,49	-0,45	5,72	7.	32,44	-1,63	-1,01	7.
19,07	-1,25	-12,95	8.	30,63	-3,44	1,94	8.
41,52	29,65	11,54	9.	54,19	14,31	19,57	9.
40,460	-6,590	-9,850	10.	36,400	6,680	8,550	10.
41,928	2,682	-2,942	AVG	39,972	4,398	10,899	AVG
19,555	12,611	12,001	STDEV	12,698	5,011	6,213	STDEV

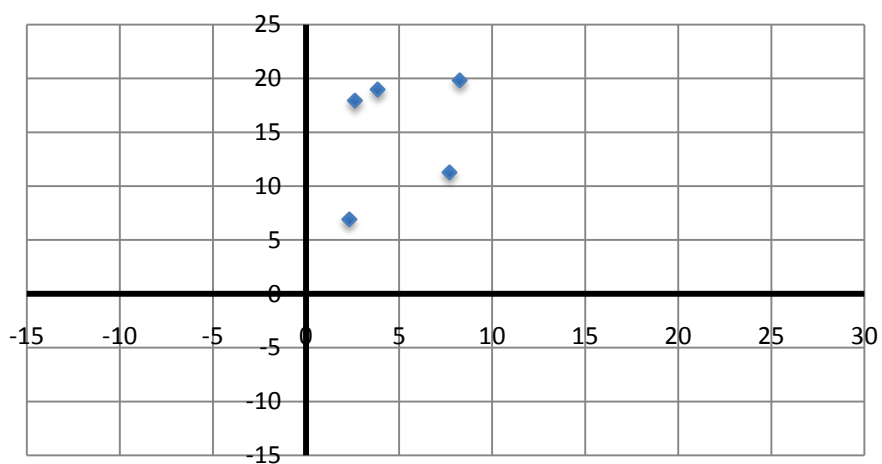
Grafy oblastí 1-21 tapisérie 1.



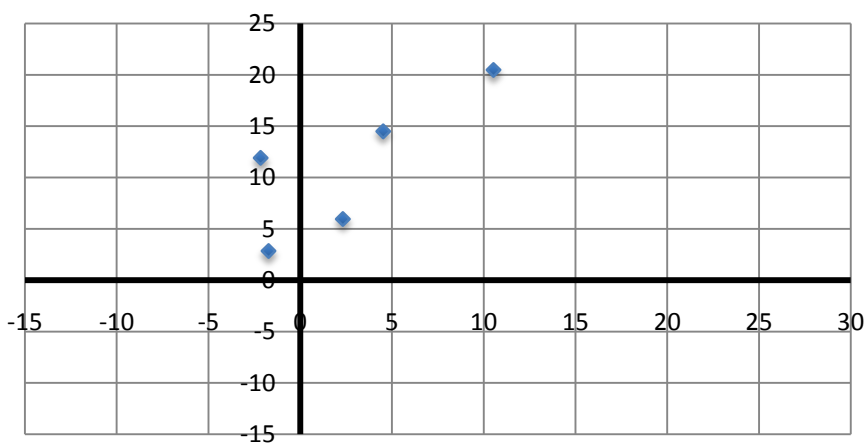




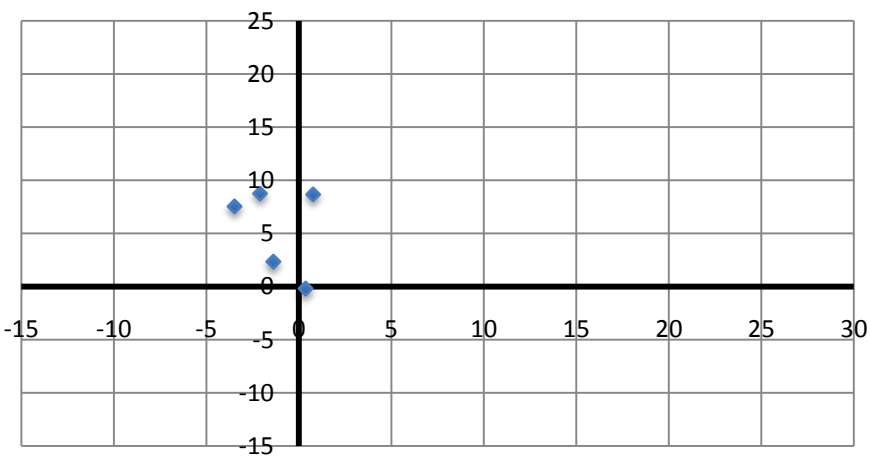




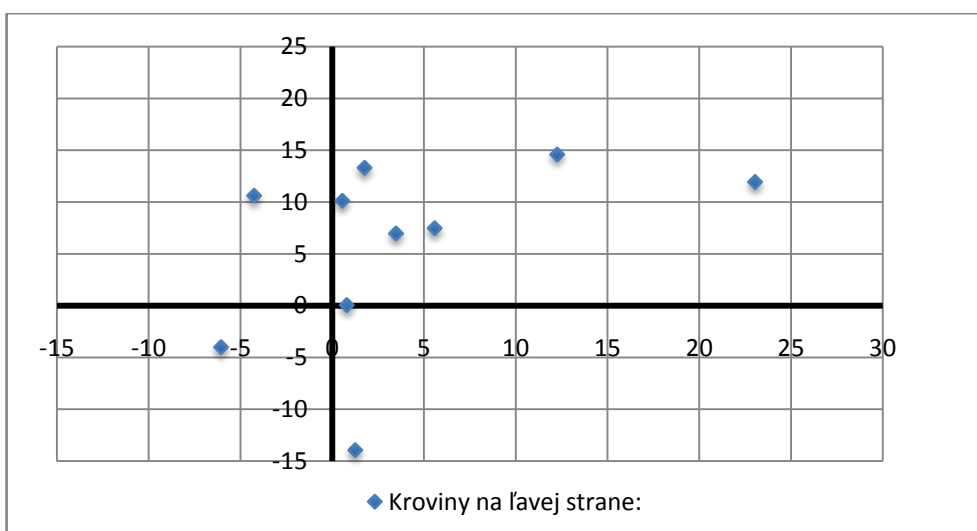
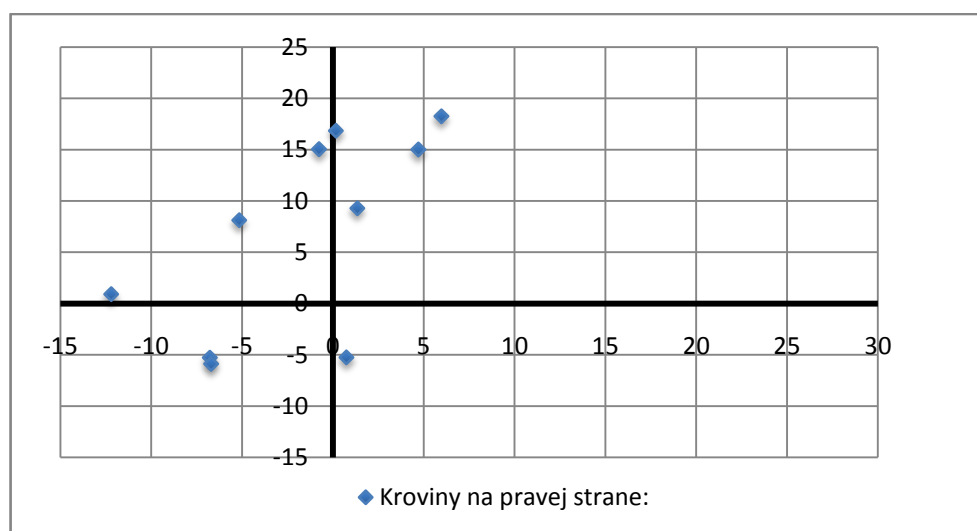
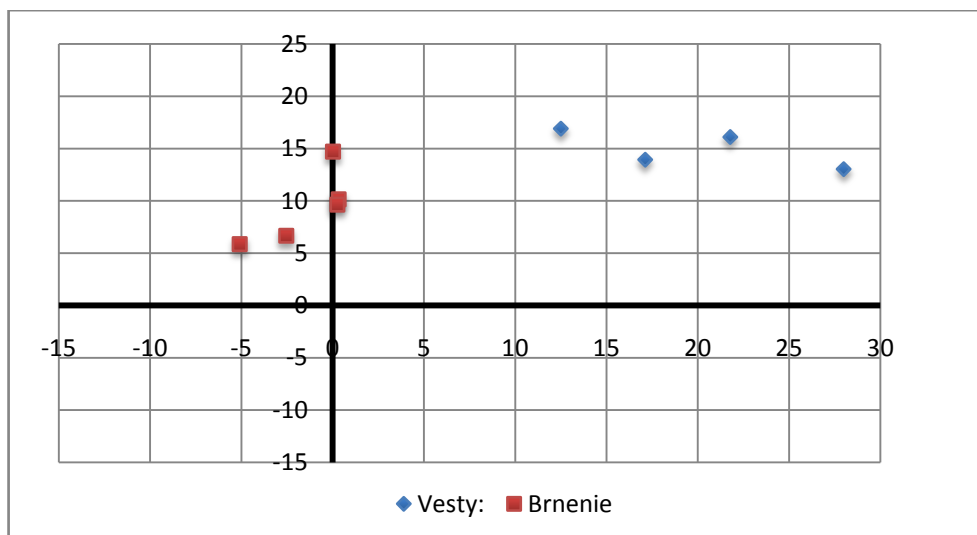
◆ Odev:

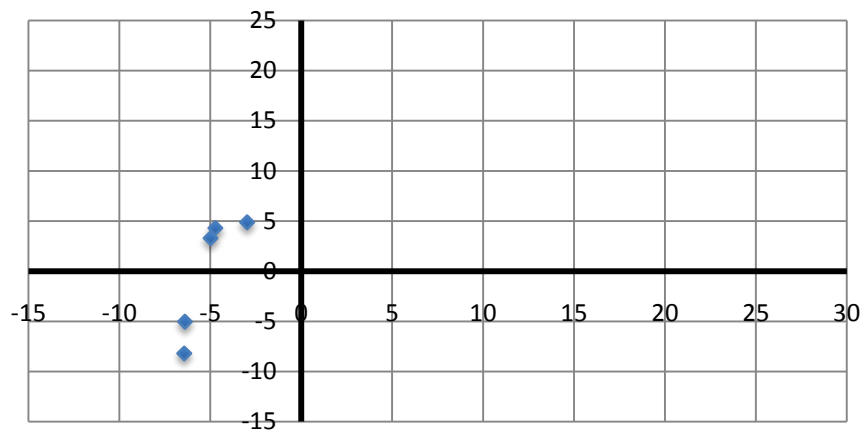


◆ Prilby:

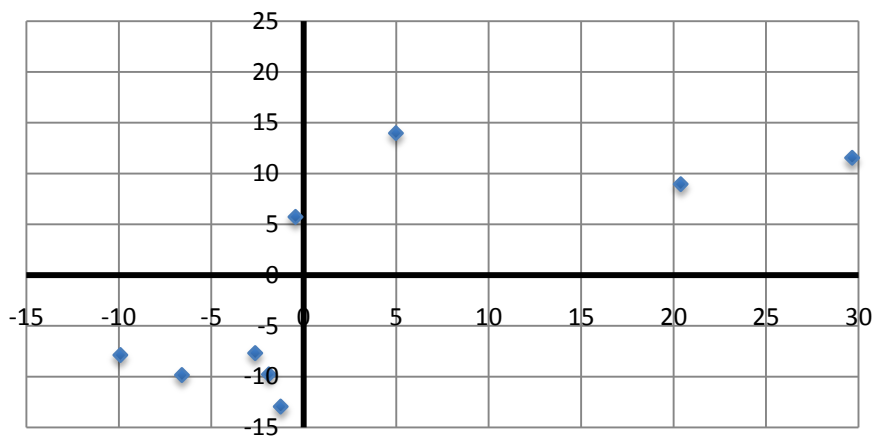


◆ Brnenie

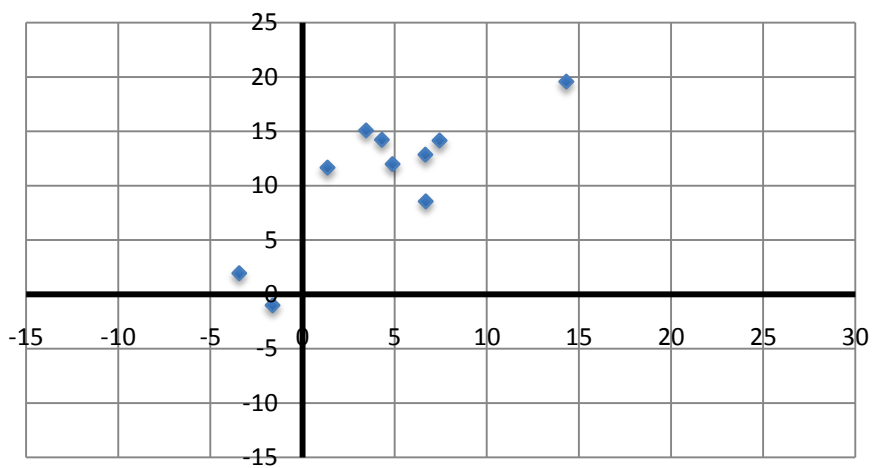




◆ Obloha:



◆ Kvetinova podlaha:



◆ Palác:

Tabuľky analýzy kolorimetrických súradníc tapisérie 2.

Kocky												
L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	
4,01	5,21	2,77	13,12	0,54	-8,86	40,7	13,03	22,5	46,58	28,65	19,36	1.
17,5	19,88	4,84	10,9	3,51	-6,41	27,5	16,22	15,65	53,02	18,34	14,17	2.
12,85	23,34	14,64	8,98	-1,08	-0,24	29,55	3,82	20,6	56,03	7,49	14,48	3.
17,85	27,74	23,56	50,51	20,36	13,11	18,04	9,09	0,13	60,98	5,09	-1,61	4.
22,26	22,02	22,43	26,89	31,14	15,86	19,29	14,33	-5,06	58,4	2,92	2,39	5.
27,67	9,64	24,38	21,4	35,71	27,29	13,72	10,27	5,91	50,75	1,24	-2,76	6.
32,06	7,35	6,05	26,18	38,05	35,55	31,61	18,77	-0,74	51,37	-2,77	0,33	7.
27,89	6,78	14,22	32,16	33,72	34,03	34,47	27,21	5,61	45,42	-1,69	-16,28	8.
19,55	3,3	6,74	39,85	18,2	34,52	47,51	15,06	-3,54	45,06	4,27	-16,85	9.
22,27	-5,92	10,54	40,53	13,89	14,48	39,6	31,35	4,74	39,41	3,13	-11,75	10.

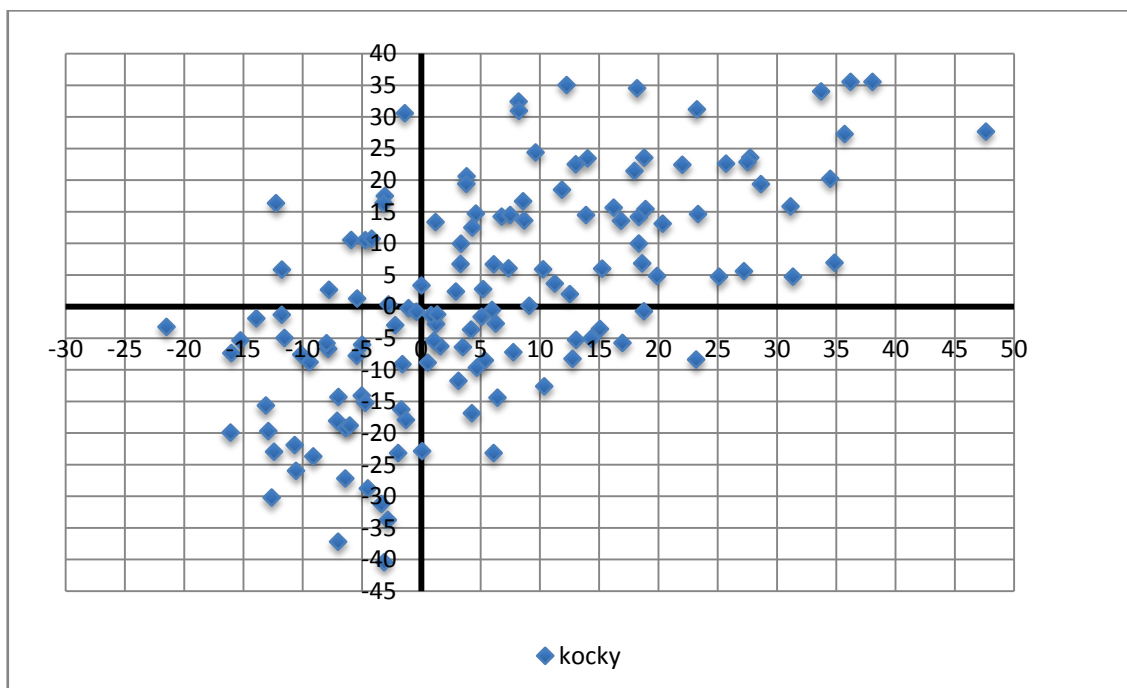
L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	
32,01	5,36	-8,5	19,7	25,11	4,74	43,26	18,8	23,55	70,22	3,34	9,94	1.
22,07	34,49	20,2	30,21	36,2	35,54	59,58	16,84	13,57	58,5	17,98	21,45	2.
40,19	34,85	6,93	49,63	27,51	22,86	55,43	30,17	41,95	70,73	8,23	30,97	3.
31,99	47,62	27,67	41,03	48,36	43,15	67,59	12,25	35,04	76,77	-1,39	30,59	4.
50,48	23,24	31,19	45,58	47,23	52,2	71,48	8,58	16,66	78,7	-3,19	16,35	5.
53,81	18,35	9,98	56,98	22,84	47,31	60,25	4,6	14,7	70,44	-12,26	16,35	6.
48,98	18,91	15,43	48,64	14,02	23,43	61,35	-3,08	17,5	61,87	-11,78	-1,28	7.
39,41	18,63	6,85	50,47	8,21	32,43	52,81	-0,42	-0,81	54,7	-7,79	2,66	8.
35,32	16,97	-5,75	39,48	15,25	6	40,27	8,68	13,63	80,05	-4,73	10,5	9.
32,13	23,18	-8,37	27,7	25,7	22,6	50,78	3,79	19,43	56,09	0,82	-1,34	10.

L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	
73,88	1,6	-6,27	46,43	1,06	-5,41	64,91	1,33	-1,24	69,92	-10,68	-21,89	1.
66,3	12,52	1,98	55,99	5,96	-0,53	68,22	1,2	13,38	60,96	-12,63	-30,2	2.
76,46	4,31	12,51	69,03	-1,59	-9,11	78,83	-11,76	5,86	43,59	-10,57	-25,97	3.
82,59	-4,19	10,73	68,95	0,01	3,34	79,84	-11,55	-4,95	43,09	6,1	-23,16	4.
83,77	-2,2	-2,94	74,62	-5,41	1,28	74,8	-21,5	-3,2	66,89	-1,96	-23,16	5.
76,12	-13,92	-1,86	77,95	-7,86	-6,68	51,42	-16,03	-7,36	59,43	7,76	-7,22	6.
64,08	-7,11	-18,08	71,35	-15,26	-5,34	44,23	-1,3	-17,92	74,26	-5,03	-14,07	7.
55,42	-5,45	-7,77	62,22	-12,91	-19,68	68,8	-6,39	-19,2	69,01	-12,42	-22,95	8.
59,37	6,11	6,69	47,12	-7	-14,3	61,58	4,19	-3,65	56,4	-3,14	-40,41	9.
69,48	11,87	18,49	74,59	-8	-5,8	75,42	-10,13	-7,58	40,86	-3,37	-31,21	10.

L*	a*	b*	L*	a*	b*	
43,52	4,68	-9,67	45,76	12,76	-8,24	1.
52,85	6,42	-14,4	46,72	11,26	3,66	2.
55,29	6,27	-2,69	63,25	-5	-6,01	3.
69,01	-9,43	-8,78	65,49	-4,73	-15,21	4.
63,45	-9,12	-23,69	55,26	-6,04	-18,79	5.
63,67	-16,09	-19,91	58,03	-13,11	-15,63	6.
50,28	-7,02	-37,18	40,72	-2,83	-33,73	7.
33,81	-6,41	-27,19	32,89	-4,51	-28,75	8.
20,89	10,36	-12,59	19,34	0,07	-22,84	9.
34,13	13,05	-5,26				10.

Mriezka												
L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	
59,3	-6,96	18,22	46,09	-6,42	9,91	26,82	24,66	3,72	70,13	23,95	14,04	1.
46,29	-12,19	-0,1	34,82	-10,39	3,1	9,58	2,43	-5,16	61,28	14,22	8,46	2.
49,55	-14,36	-4,04	43,73	-18,29	-13,77	32,45	-9,76	-20,67	68,82	1,62	-8,16	3.
40,53	-12,15	-14,81	50,29	-24,15	-2,73	46,5	10,18	5,15	72,86	3,68	4,24	4.
41,38	-8,72	7,96	38,07	-9,85	-30,38	54,75	0,51	-10,51	84,83	-2,09	5,84	5.
42,12	6,12	19,37	30,37	-11,06	-20,12	56,91	1,36	-13,56	78,71	-9,33	-9,09	6.
51,33	1,15	6,99	47,01	-1,65	-19,38	51,55	20,34	-0,63	83,77	6,98	14,42	7.
44,11	13,95	17,61	41,65	12,41	3,05	60,94	29,03	3,58				8.
60,75	-3,02	32,43	46,58	1,84	-9,07	69,87	18,59	9,39				9.
48,24	-0,56	24,85	37,97	8,68	6	65,94	34,46	38,48				10.

Grafy oblastí tapisérie 2.



5			6			7			8			
Pozadie			Pismo			Znak			Stopka			
L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	
63,45	2,63	11,02	17,86	1,11	-7,29	60,02	19,02	5,53	47,74	6,49	8,09	1.
67,4	2,83	11,42	43,51	2,29	-3,73	70,32	10	5,27	54,39	-5,92	14,23	2.
79,05	0,7	8,45	19,22	2,25	-6,77	64,57	14,51	5,89	40,52	10,58	8,61	3.
82,16	1,29	3,71	24,56	2,69	-7,43	67,07	11,7	4,92	37,98	2,93	-1,31	4.
82,78	1,43	5,57	22,12	1,38	-6,52	65,42	12,91	6,02	47,15	4,44	4,92	5.
83,6	1,17	2,91	-	-	-	-	-	-	38,07	-3,15	-2,72	6.
85,55	1,45	3,01	-	-	-	-	-	-	45,06	1,89	8,61	7.
64,59	4,31	10	-	-	-	-	-	-	67,81	8,05	6,62	8.
73,71	6,49	9,03	-	-	-	-	-	-	50,19	3,75	-1,53	9.
81,4	3,76	6,46	-	-	-	-	-	-	56,59	8,68	8,88	10.
76,369	2,606	7,158	25,454	1,944	-6,348	65,480	13,628	5,526	48,550	3,774	5,440	AVG
8,412	1,811	3,274	10,422	0,668	1,510	3,762	3,437	0,450	9,269	5,193	5,564	STDEV

Grafy oblastí 1-8.

